

Statnett

SWECO

Dokumenttittel

Flomfarekartlegging og bekkeomlegging ved Orkdal stasjon

Gradering (sett kryss)

- K3 - Underlagt taushetsplikt etter energiloven § 9-3 jf bfe § 6-2. Unntatt fra innsyn etter offentleglova § 13.
- K2 - Statnett Konfidensiell
- K1 - Statnett Intern
- K0 - Statnett Åpen

Prosjektnr.10390/10221659

Kontraktsnr. KON-005964-03
E-16

Prosjektnavn

Prosjektering Orkdal stasjon - 534851

Dokumentnummer

10221659-R-16

Erstatter dokument

10225168-R-16
10390-SWE-ORK-0067

Antall sider + vedlegg

49+ 4 vedlegg

Rev. dato	Rev. nr.	Utgivelsesgrunn	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
21.10.2022	01	Innledende vurderinger	Anne Johanne Rognstad	Eirik Vee Natvik	Björgvin Thorsteinsson
17.03.2023	02	Ferdigstilt hydrologirapport	Anne Johanne Rognstad og Lorentz Reintersen	Eirik Vee Natvik	Tor Jørgen Larsen
21.04.2023	03	Oppdatert etter gjennomlesning av Byggherre	Anne Johanne Rognstad Lorentz Reintersen	Eirik Vee Natvik	Tor Jørgen Larsen

Sammendrag

Statnett planlegger å fornye og utvide Orkdal stasjon på Blåsno i Orkland kommune. Sweco har fått oppdrag av Statnett å prosjektere Orkdal stasjon. Det er flere bekker som drenerer forbi stasjonsområdet og danner Mobekken, disse har utløp i Orkla. For å sikre Orkdal stasjon mot flom må to av bekkene i området legges om. I tillegg er det behov for omlegging av bekker i forbindelse med nydyrkingsarealer nord for stasjonstomten.

Orkdal stasjon ligger under sikkerhetsklasse F3 i Tek 17, og 1000 års flomhendelse inkludert klimapåslag er dimensjonerende flom for anlegget. De prosjekterte løsningene vil legge dimensjonerende flom til grunn.

Formålet med hydrologirapporten er:

1. Detaljprosjektering av omlegging av bekkene både i anleggsfasen og driftsfasen. Dette inkluderer utforming av nye bekker og bekketraseer og erosjonssikring.
2. En flomfarevurdering av stasjonen inkludert adkomstveier under en 1000-års flom
3. Flomfarevurdering langs Mobekken ved 1000-årsflom og ved middelflom før og etter utbygging. Det skal sikres at ikke flomforholdene langs Mobekken forverres.

For å vurdere flomrisikoen i området er det gjort flomberegning for dimensjonerende flom. Videre er det satt opp en vannlinjemodell for området, utført i Hec-Ras. Det er foretatt en vurdering av flomsituasjonen før og etter utbygging av stasjonen. For etter-situasjonen er prosjektert stasjon, adkomstvei, bekker og kulverter lagt inn i modellen.

Resultatene viser at stasjonstomten, som er hevet til kote 17, ligger med tilstrekkelig høyde under dimensjonerende flom. Adkomstveien blir derimot oversømmet ved dimensjonerende flom. Det er sett på ulike løsninger som vil sikre adkomst til stasjonen under flom. Det finnes alternativ adkomst via eksisterende transformatorstasjon som kan benyttes under større flomhendelser.

Rapporten beskriver følgende tiltak som skal utføres i forbindelse med etablering av Orkdal stasjon:

- Omlegging og utbedring av bekker ovenfor rundt stasjonen, oppstrøms Engmoveien
- Erosjonssikring av bekker og kulvert innløp/utløp
- Miljørestaurering av bekkeløpene

Flomfareutredningen viser at en utbedring av bekkene i forbindelse med bygging av Orkdal stasjon vil forbedre flomsituasjonen rundt stasjonsområdet og landbruksområdene nordvest for tomten, og gi mindre oversvømmelse av landbruksmark.

Videre viser flomfareutredningen at det allerede ved middelflom er noe flomproblematikk langs Mobekken. Dette stemmer godt med uttalelser fra grunneiere, som oppgir at de har flomproblematikk annethvert år. Grunneierne melder også om økende problemer knyttet til flom på grunn av mer ekstrem nedbør og hyppigere tine- og fryseprosesser igjennom vinteren. For bebyggelse, landbruksmark og veier langs Mobekken, nedstrøms stasjonsområdet, viser resultatene fra flomfareutredningen at flomsituasjonen forblir den samme som i dag, også etter utbygging. Resultatene viser dermed at etablering av stasjonstomt med tilhørende infrastruktur ikke vil forverre flomforholdene langs Mobekken.

Siden det er registrert flomproblematikk langs Mobekken i dag er det i tillegg gjort en vurdering av mulige tiltak som kan bedre flomforholdene i Mobekken nedstrøms stasjonen.

Ved mindre flomstørrelser vil en opprensing av grøfter, fjerning/oppdimensjonering av kulverter i Mobekken nedstrøms Engmoveien gi bedre flomavledningskapasitet i bekken. For å bedre flomforholdene ved større flomhendelser må kapasiteten under Thamshavnbanen og Blåsmoveien økes. Kapasiteten her er et begrensende snitt under større flomhendelser, og økt kulvertkapasitet vil redusere flomfaren for bebyggelse og jordbruksareal langs Mobekken betydelig. Tiltakene som er vurdert for å bedre flomforholdene langs Mobekken er per i dag ikke prosjektert og må vurderes nærmere dersom det er aktuelt å utføre. Dersom det utføres tiltak under Thamshavnbanen og Blåsmoveien kan prosjerterte kulverter ved Orkdal stasjon reduseres noe i størrelse, siden disse kulvertene tar høyde for oppstuvning under flom.

Arbeidet med bekkeomleggingen er utført i tett dialog med tilgrensende fagfelt og ansvarsområder, herunder miljø, landskapsarkitektur, geoteknikk/geologi, vei og VA.

Innhold

1	Innledning og formål	6
1.1	Krav til sikkerhet mot flom	7
2	Eksisterende flomvurderinger i området.....	8
2.1	Aktsomhetskart og flomsonekart.....	8
2.2	Tidligere vurderinger av bekkeomlegging ved Orkdal stasjon	11
3	Befaring og innmålinger	12
4	Flomberegning.....	13
4.1	Beskrivelse av feltparametere.....	13
4.2	Flomberegning ny Orkdal stasjon.....	15
4.2.1	Metode.....	15
4.2.2	NVEs erfaringstall	15
4.2.3	Klimaendringer og flom	15
4.2.4	Flomfrekvensanalyse	16
4.2.5	RFFA-NIFS	18
4.2.6	PQRUT	19
4.2.7	Valg av beregningsmetode	20
4.2.8	Gjentaksintervall i anleggsfasen.....	21
5	Hydraulisk modellering	22
5.1	Metode.....	22
5.2	Oppsett av modell.....	22
5.2.1	Terreng	22
5.2.2	Grensebetingelser.....	22
5.2.3	Konstruksjoner	22
5.2.4	Modelloppsett	23
5.3	Resultater	25
5.3.1	Flomsonekart 1000-årsflom dagens situasjon	25
5.3.2	Flomsonekart 1000-årsflom etter utbygging av Orkdal stasjon.....	27
5.3.3	Vurdering av flomforhold i Mobekken nedenfor stasjonstomten	28
6	Prosjekterte tiltak som skal utføres i forbindelse med etablering av Orkdal stasjon. 32	
6.1	Omlegging av bekker	32
6.1.1	Miljørestaurering	34
6.1.2	Tidspunkt og arbeidsomfang for omlegging av bekker	34
6.2	Erosjonssikring	36
6.2.1	Sikring av sidekanter.....	36
6.2.2	Detaljer energidreper	41
6.2.3	Detaljer kulper.....	43
6.3	Nyetablering av kulverter	43
7	Mulige tiltak for å bedre flomforholdene langs Mobekken.....	45
8	Usikkerhet	46
9	Bibliografi	49
	Vedlegg 1 Nedbørfeltparametere fra Nevina	50

Vedlegg 2 Resultater fra flomfrekvensanalysen	52
Vedlegg 3 ekstremnedbør	56
Vedlegg 4 Flomsonekart Orkla	58

1 Innledning og formål

Statnett planlegger å fornye og utvide Orkdal stasjon på Blåsmo i Orkland kommune. Plassering av anlegget er vist i Figur 1-1. Sweco Norge AS har fått oppdrag av Statnett å prosjektere Orkdal stasjon. Eksisterende transformatorstasjon skal stå, også etter utbyggingen av ny Orkdal stasjon.

Det er flere bekker som drenerer forbi stasjonsområdet og danner Mobekken, disse har utløp i Orkla. For å sikre Orkdal stasjon mot flom må to av bekkene i området legges om. I tillegg er det behov for omlegging av bekker i forbindelse med nydyrkingsarealer nord for stasjonstomten.

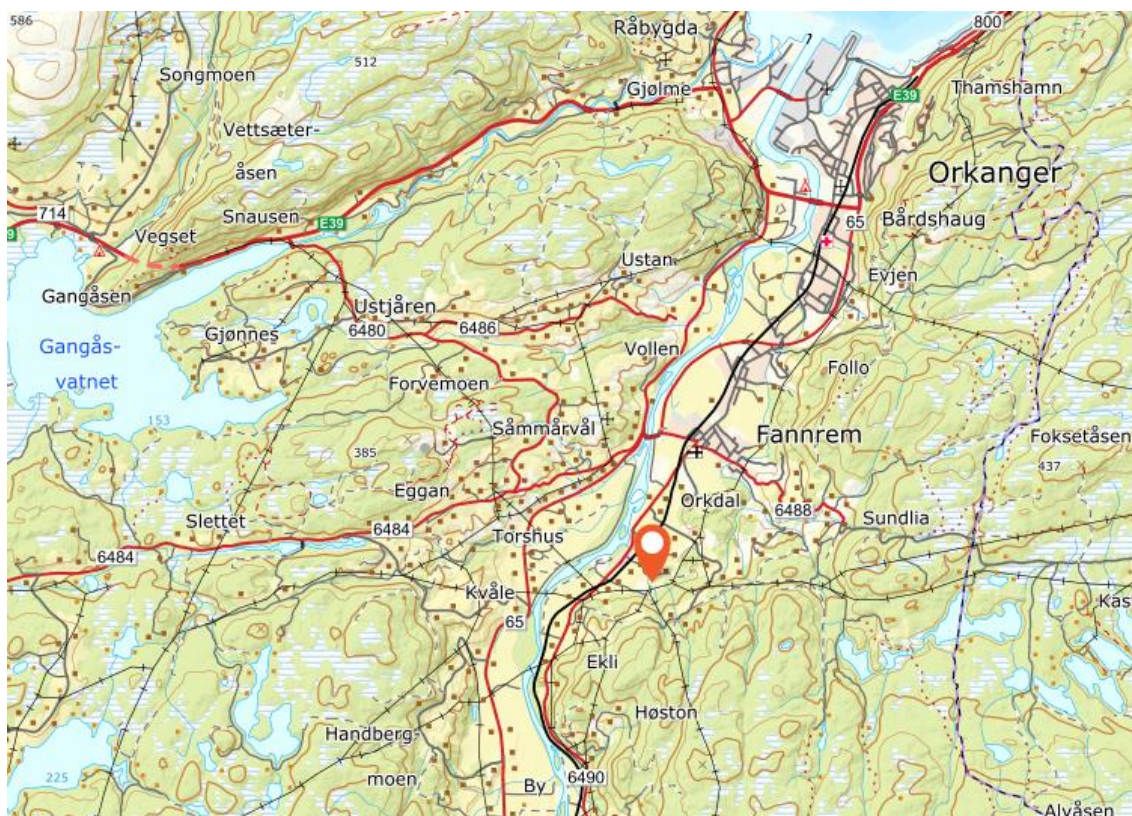
Orkdal stasjon ligger under sikkerhetsklasse F3 i Tek 17, og 1000 års flomhendelse inkludert klimapåslag er dimensjonerende flom for anlegget. De prosjekterte løsningene vil legge dimensjonerende flom til grunn.

Formålet med hydrologirapporten er:

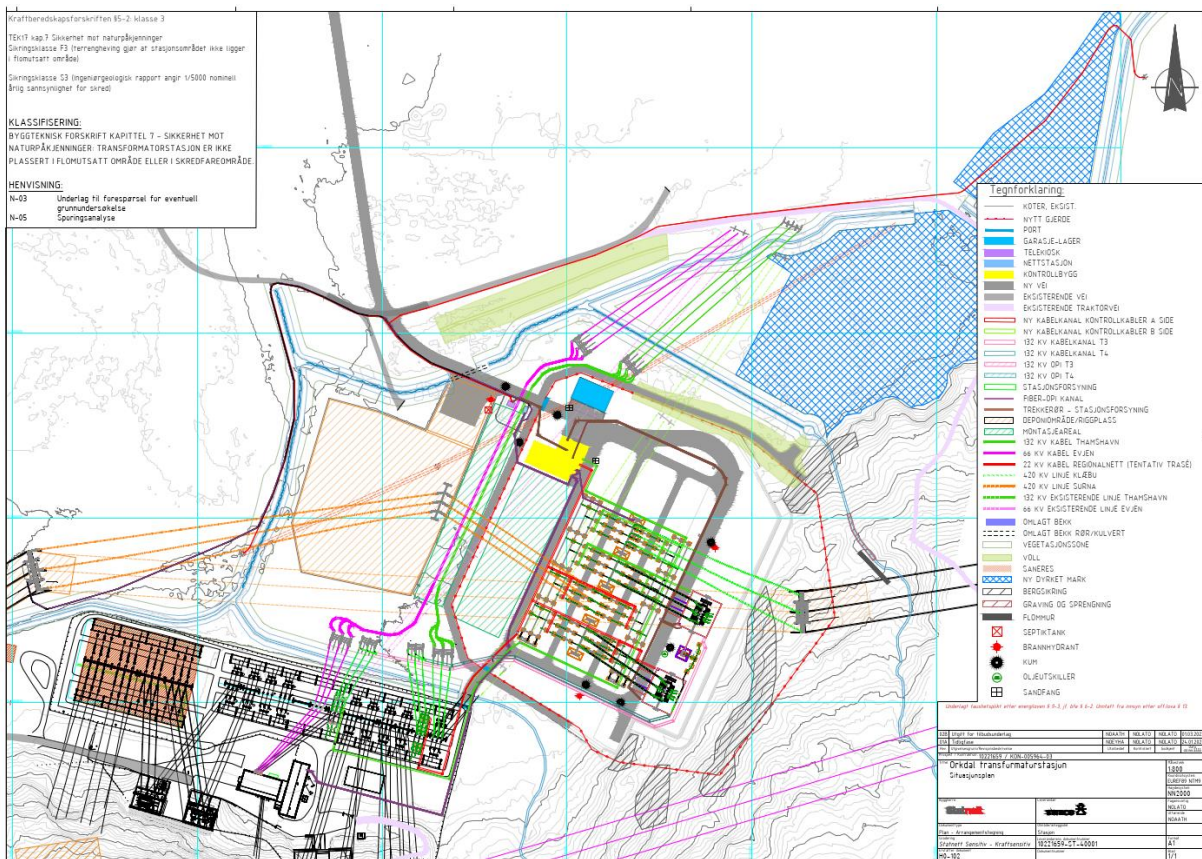
1. Detaljprosjektering av omlegging av bekkene både i anleggsfasen og driftsfasen. Dette inkluderer utforming av nye bekker og bekketraseer og erosjonssikring.
2. En flomfarevurdering av stasjonen inkludert adkomstveier under en 1000-års flom
3. Flomfarevurdering langs Mobekken ved 1000-årsflom og ved middelflom før og etter utbygging. Det skal sikres at ikke flomforholdene langs Mobekken forverres.

I Figur 1-2 er situasjonsplanen for ny Orkdal stasjon vist. Denne er lagt til grunn for flomvurderingen for en situasjon etter utbygging. Det planlegges en sprengsteinfylling med planum på kote 18,15-17. Et tverrsnitt av tomten er vist i Figur 1-3. Eksisterende trafostasjon skal bestå som i dag, også etter utbygging av ny Orkdal stasjon.

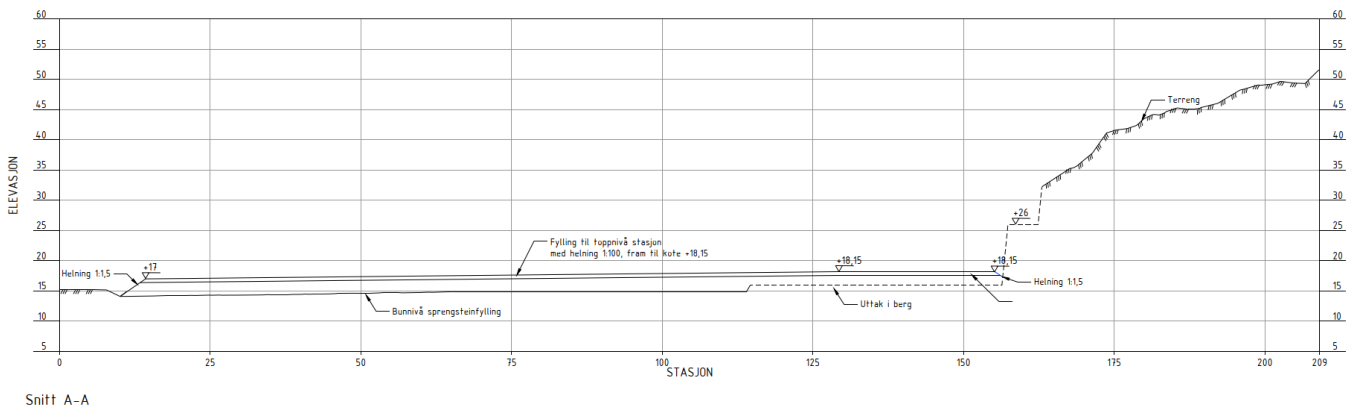
Alle høydereferanser i rapporten refererer til NN2000, med mindre annet ikke er oppgitt.



Figur 1-1 Oversiktskart over plassering av ny Orkdal stasjon.



Figur 1-2: Situasjonsplan ny Orkdal stasjon



Figur 1-3 Tverrsnitt av tomt.

1.1 Krav til sikkerhet mot flom

Arealplanlegging som tar hensyn til naturfare er et viktig virkemiddel for å redusere risikoen for skader ved ekstreme naturhendelser som flom og skred. Den beste måten å forebygge på er å unngå å bygge i fareutsatte områder, eller eventuelt ved å identifisere risiko og gjøre tiltak for å redusere eller unngå skade.

Risiko og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) skal gjennomføres ved utarbeidelse av alle planer for utbygging og problemstillinger knyttet til flom og skred skal være en del av en slik analyse. De antatte effekter av pågående klimaendringer gir grunn til å være mer på vakt mot flom og skred, og prosesser relatert til dette. Hyppigere og mer ekstreme nedbørhendelser gir nye utfordringer for bygging og overvannshåndtering i både bebygde og ubebygde områder.

Plan- og bygningsloven § 28-1 stiller krav om tilstrekkelig sikkerhet mot fare for nybygg og tilbygg. For tiltak eller byggverk gjelder "Krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger" gitt i § 7 i "Forskrift om tekniske krav til byggverk" (Byggteknisk forskrift, TEK 17). Forskriften er gjeldende for konstruksjoner og anlegg.

De generelle krav er som følger:

- Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger.
- Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket.

For sikkerhet mot flom skal det dimensjoneres slik at den største nominelle årlige sannsynlighet (returperioden) avhengig av konsekvensgrad ikke overskrides.

For byggverk/konstruksjoner hvor konsekvens anses som liten er denne største nominelle årlige sannsynlighet satt til 1/20, tilsvarende 20 års returperiode. For middels konsekvens er returperioden satt til 200 år, og for byggverk/konstruksjoner med stor konsekvensgrad er returperioden på 1000 år.

Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.

I retningslinjene til TEK17 er det gitt ulike eksempler på hva slags bebyggelse som ligger innenfor de ulike sikkerhetsklassene mot flom. Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. Byggverk som skal fungere i lokale beredskapssituasjoner, for eksempel sykehus, brannstasjon, politistasjon, sivilforsvarsanlegg og infrastruktur av stor samfunnsmessig betydning ligger under sikkerhetsklasse F3. Orkdal stasjon ligger dermed under sikkerhetsklasse F3, og 1000 års flomhendelse inkludert klimapåslag er dimensjonerende flom for anlegget.

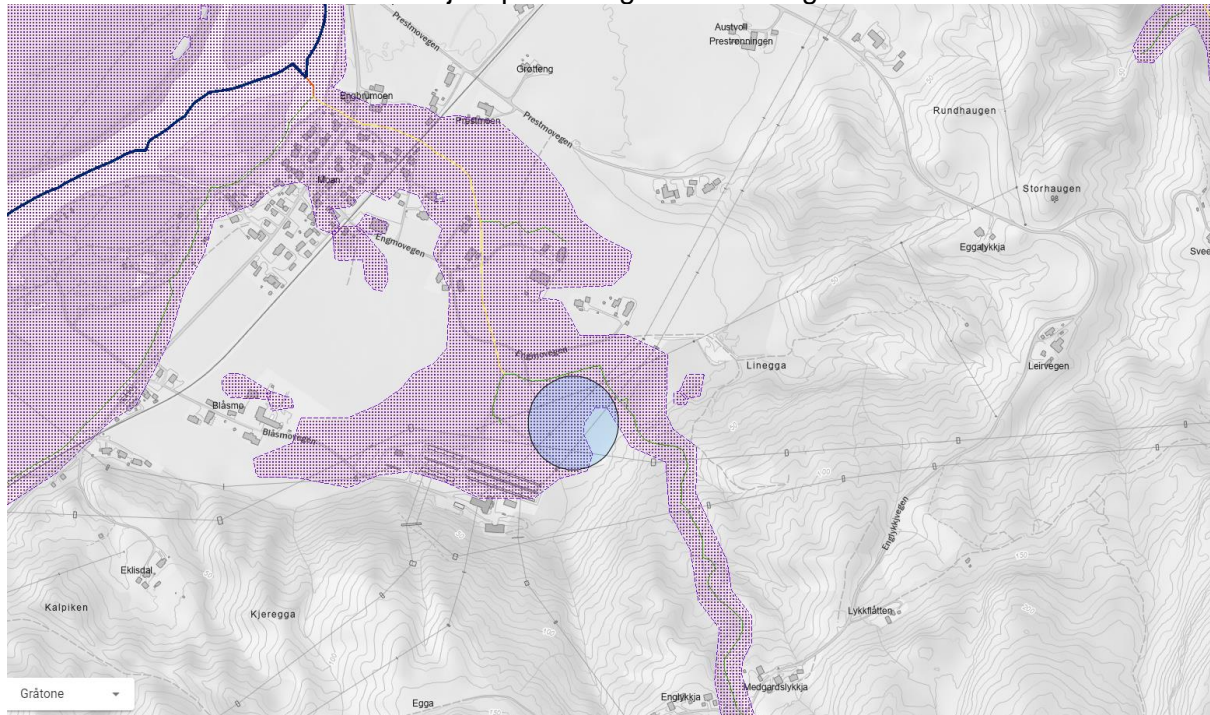
2 Eksisterende flomvurderinger i området

2.1 Aktsomhetskart og flomsonekart

NVEs aktsomhetskart for flomutsatte områder ved Orkdal stasjon er vist i Figur 2-1. Som kartet viser er plasseringen av ny Orkdal stasjon plassert innenfor aktsomhetssonen for flom.

Aktsomhetskart for flom er et nasjonalt kart på oversiktsnivå som viser hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare. Nivået på aktsomhetskartet er imidlertid tilpasset kommunal oversiktsplanlegging (kommuneplannivået) og kartene sier ingenting om sannsynlighet og bør derfor ikke alene brukes i reguleringsplanarbeid eller for å vurdere utbygging etter sikkerhetskravene i byggteknisk forskrift. Informasjonen i kartet kan benyttes som et første vurderingsgrunnlag i konsekvensutrednings- og/eller risiko- og sårbarhetsanalyser tilknyttet kommuneplanen og for å identifisere potensielle fareområder for flom.

Det er to bekker som drenerer forbi stasjonsområdet og danner Mobekken som har utløp i Orkla. Aktsomhetskartet med stasjonsplasseringen er vist i Figur 2-1.



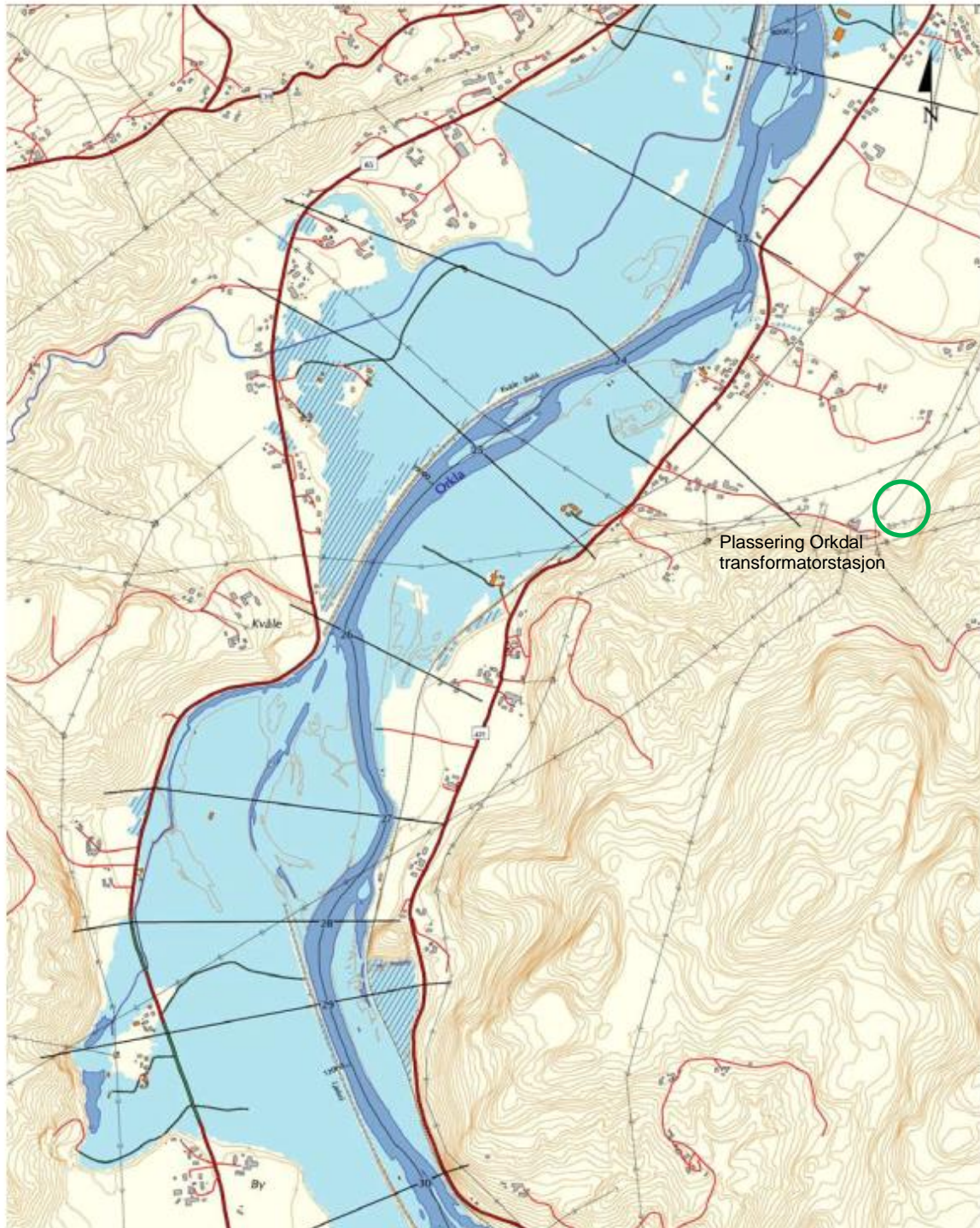
Figur 2-1 NVEs aktsomhetskart for flom. Plassering av ny Orkdal stasjon er vist med blå sirkel i kartet.

I tillegg ble det i 2005 gjort en flomfarekartlegging for Orkla. Dette er beskrevet i NVE-rapport Flomsonekart delprosjekt Orkdal, er det gjort flomsonekartlegging opp mot 500-årsflom (NVE, 2005). Som det framkommer av kartet i Figur 2-2 ligger området hvor ny trafo er planlagt utenfor flomsonekartet for 500-årsflom. Rapporten er fra 2005, og flommen er uten klimapåslag. Iht. klimaprofil for Trøndelag er anbefalt klimapåslag 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer for områdene dekket av flomsonekart i Orkla-vassdraget (Norsk klimaservicesenter, 2022). Selv om flomberegningene for Orkla er ca. 20 år gamle er de vurdert til å være tilstrekkelig for formålet i denne rapporten. Resultatene fra rapporten kan derfor benyttes slik som de er.

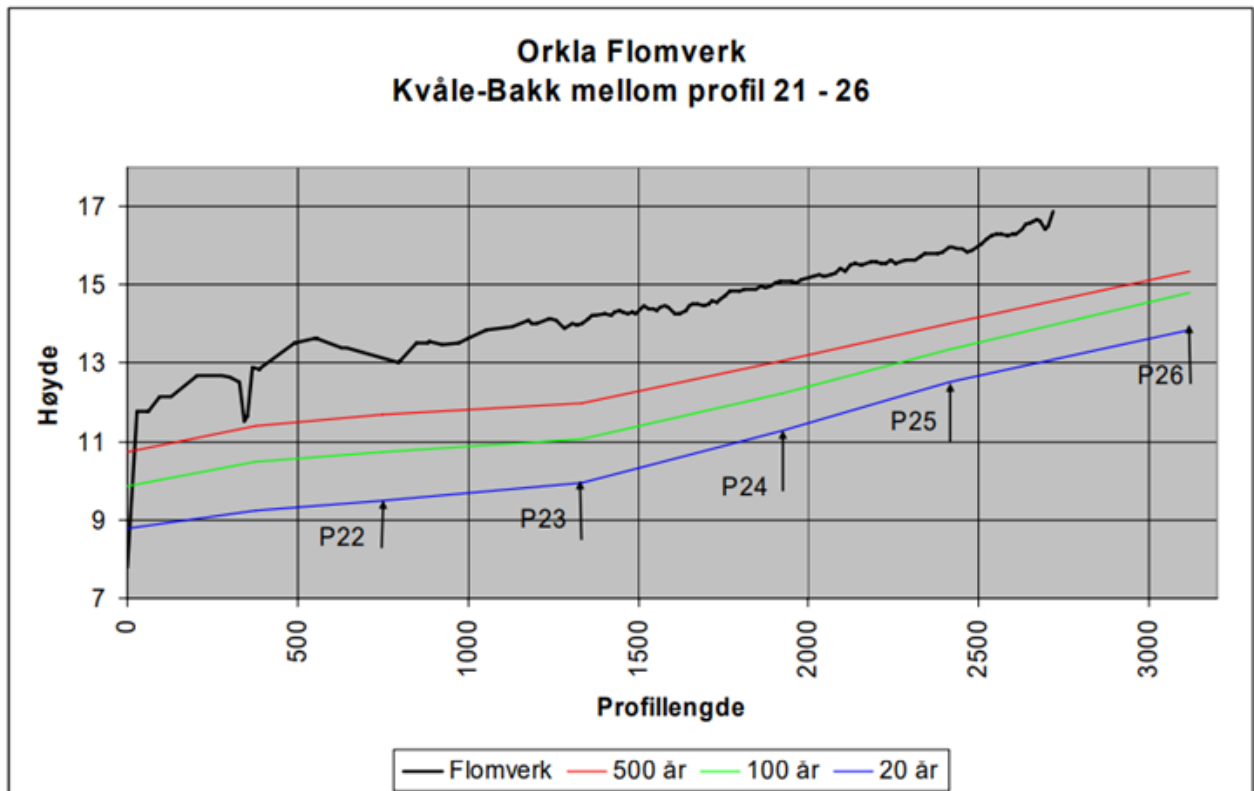
Langs Orkla er det et flomverk. Mellom profil 25 og 23, hvor trafoen er planlagt, ligger flomverket nesten to meter over vannstanden ved 500-årsflom, vist i Figur 2-3. På grunn av oppstrøms terreng er det heller ikke fare for at flomvannet kan strømme inn på baksiden av flomverket. 500-årsflommen ved profil 24 ligger på kote 13,08 (NN1954) I forhold til den totale usikkerheten i flomsonekarteggingen for Orkla, skal det ved praktisk bruk av vannlinjene legges på en sikkerhetsmargin på minimum 0,5 m (NVE, 2005). Ny trafo skal ha planum på kote 17,00 (NN2000). NN2000 ligger ca. 10 cm høyere enn NN1954 i dette område. Ny trafo er dermed planlagt å ligge ca. fire meter høyere enn beregnet vannstand ved en 500-årsflom i Orkla. I tillegg ligger flomverket to meter høyere enn 500-årsflommen, og det er dermed god margin for flomsikring ved en større flomhendelse her. Både Rambøll (Rambøll, 2015) og NGI (NGI, 2020) har vurdert dette forholdet tidligere, og kommet til samme konklusjon.

Basert på foreliggende flomvurderinger i området er flomforholdene i Orkla avklart og ivaretatt, og er dermed ikke vurdert nærmere i denne rapporten.

Ny stasjonsplassering ligger også innenfor aktsomhetsområdet for flom for de to sidebekkene som renner forbi stasjonen, og dette forholdet må vurderes nærmere.



Figur 2-2: Flomsonekart 500-årsflom i Orkla (NVE, 2005).



Figur 2-3 Flomvannstand i Orkla (NVE, 2005)

2.2 Tidligere vurderinger av bekkeomlegging ved Orkdal stasjon

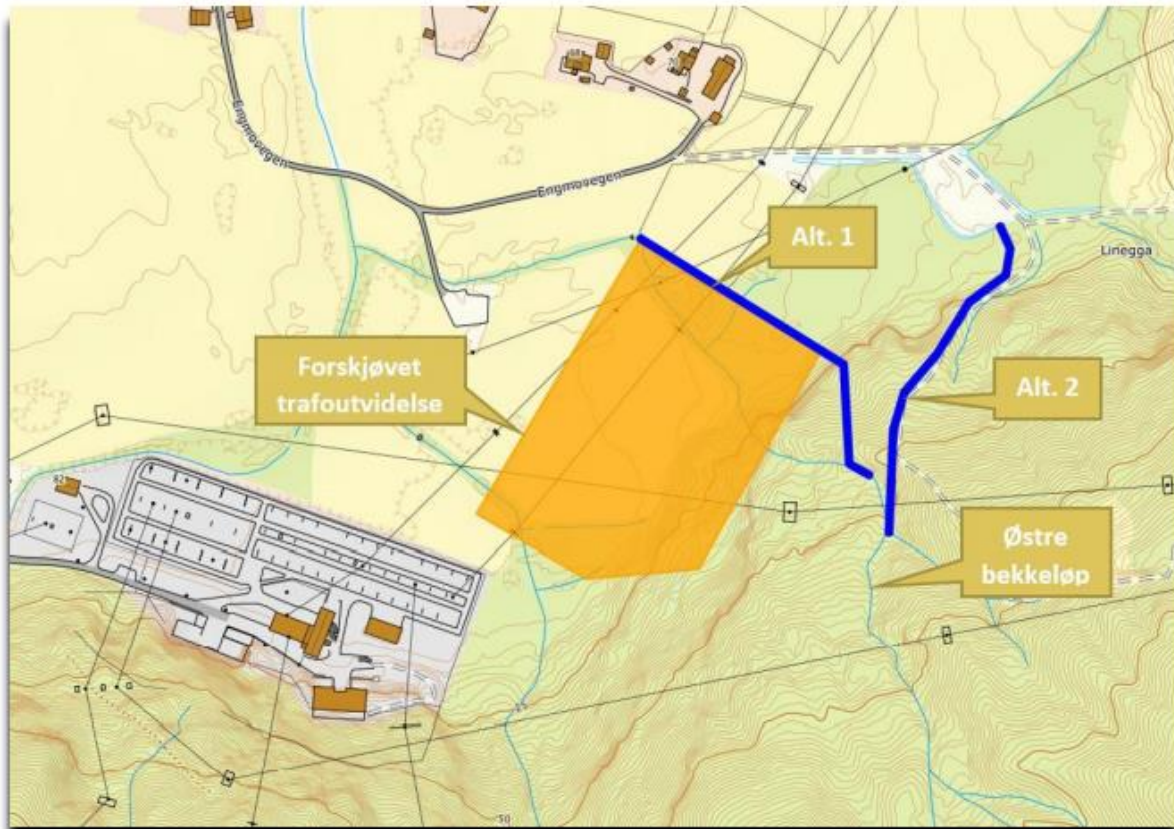
I NGI rapport-20200423-01-R, *innledende vurderinger av naturfare og forurenset grunn* anbefales det ikke å lukke noen av bekkene og føre dem i rør under den nye transformatorstasjonen. Årsaken til dette er at man da mister kontroll på eventuelle lekkasjer og erosjonsproblematikk. I tillegg er det en del massetransport fra området sør for utbyggingsområdet som kan legge seg i rørene og senke kapasiteten. Det anbefales derfor å heller utbrede de allerede eksisterende grøftene som nå går på både øst- og vestsiden av området (NGI, 2020). I denne rapporten ble det også anbefalt at utbyggingsområdet heves slik at jordene kan fungere som en naturlig flomvei.

Videre understreker NGI behovet for erosjonssikring av bekkeløpene, slik at de ikke graver seg inn i eventuelle fyllinger. I tillegg er det store mektigheter av løsmasser i terrenget sør for utbyggingsområdet, og det må påregnes en del massetransport ned og ut på det flate området. Det er viktig at det blir gjort regelmessig ettersyn av tilstanden til grøftene, slik at elvebunnen ikke hever seg over tid og bekkene til slutt skifter løp.

I 2015 gjorde også Rambøll en vurdering av flomforhold i området. I notatet anbefales blant annet heving av stasjonstomta til kote 17, og omlegging av bekker som drenerer mot stasjonsområdet. Det ble både i NGI-rapporten og i Rambøll-notatet understreket at det må gjøres en grundig flomfarevurdering og at infrastrukturen og bekkeomleggingen må dimensjoneres for Q_{1000} .

I etterkant av vurderingene gjort av Rambøll og NGI er stasjonsplasseringen flyttet noe lenger inn i terrenget, og det legges opp til en stor skjæring i bakkant av trafostasjonen. Denne løsningen er beskrevet i Sweco-rapport - 10390-SWE-ORK-0066, *Tilleggsutredning for alternativ tomteplassering – vurdering fra prosjekterende* (Sweco, 2022). Dette fører til at bekkeomleggingen av østre bekkeløp må gjøres høyere opp i vassdraget, før den renner

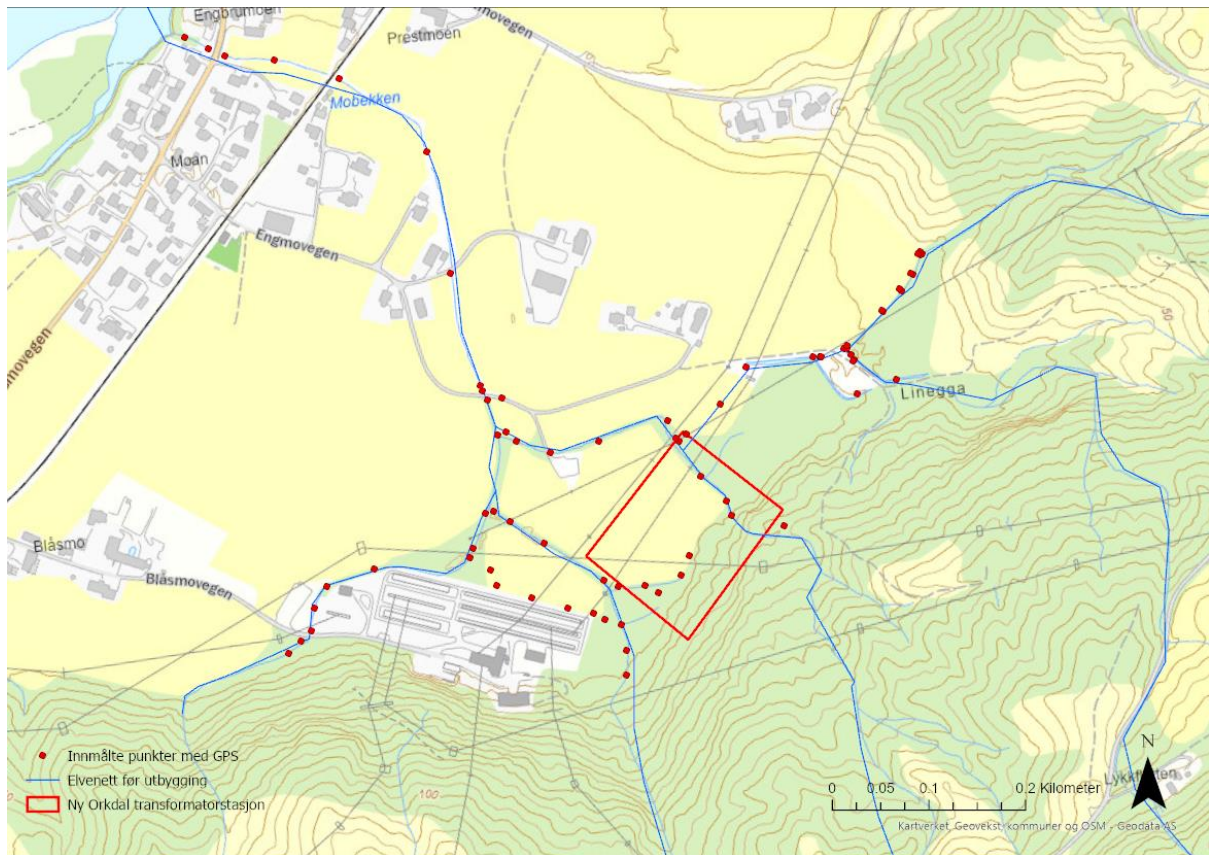
ned i trafostasjonen. Skisse til foreslått bekkeomlegging er vist i Figur 2-4. Det ble foreslått å velge alternativ 1 for omlegging av østre løp. Det ble bestemt at detaljprosjektering av omleggingen av bekkeløpene skulle utføres i neste fase. Det samme gjaldt flommodellering og erosjonssikringsberegninger. Denne løsningen er derfor ikke vurdert inngående, og det vil derfor være behov for å se nærmere på valg av trasé for omlegging av bekkeløpet. I tillegg ble det foreslått at bekkeløpet sør på tomta skal legges langs gjerdet ved eksisterende trafostasjon.



Figur 2-4: Forslag til omlegging av bekk. Beskrevet i Sweco-rapport - 10390-SWE-ORK-0066

3 Befaring og innmålinger

Befaring av bekkeomleggingen ved ny Orkdal stasjon ble gjennomført 11.11.2022 av Anne Johanne Rognstad og Maria Hetland Olsen, begge hydrologer i Sweco. Jonny Pedersen fra Byggherreorganisasjonen var også til stede på deler av befaringen. Formålet med befaringen var å se på trasé for bekkeomleggingen, og vurdere den praktiske gjennomføringen. I tillegg ble det gjort innmålinger i terrenget med GPS som er benyttet i vannlinjemodellen. Terrenget er justert i henhold til innmålte høyder. Målepunktene er vist i kart i Figur 3 1.

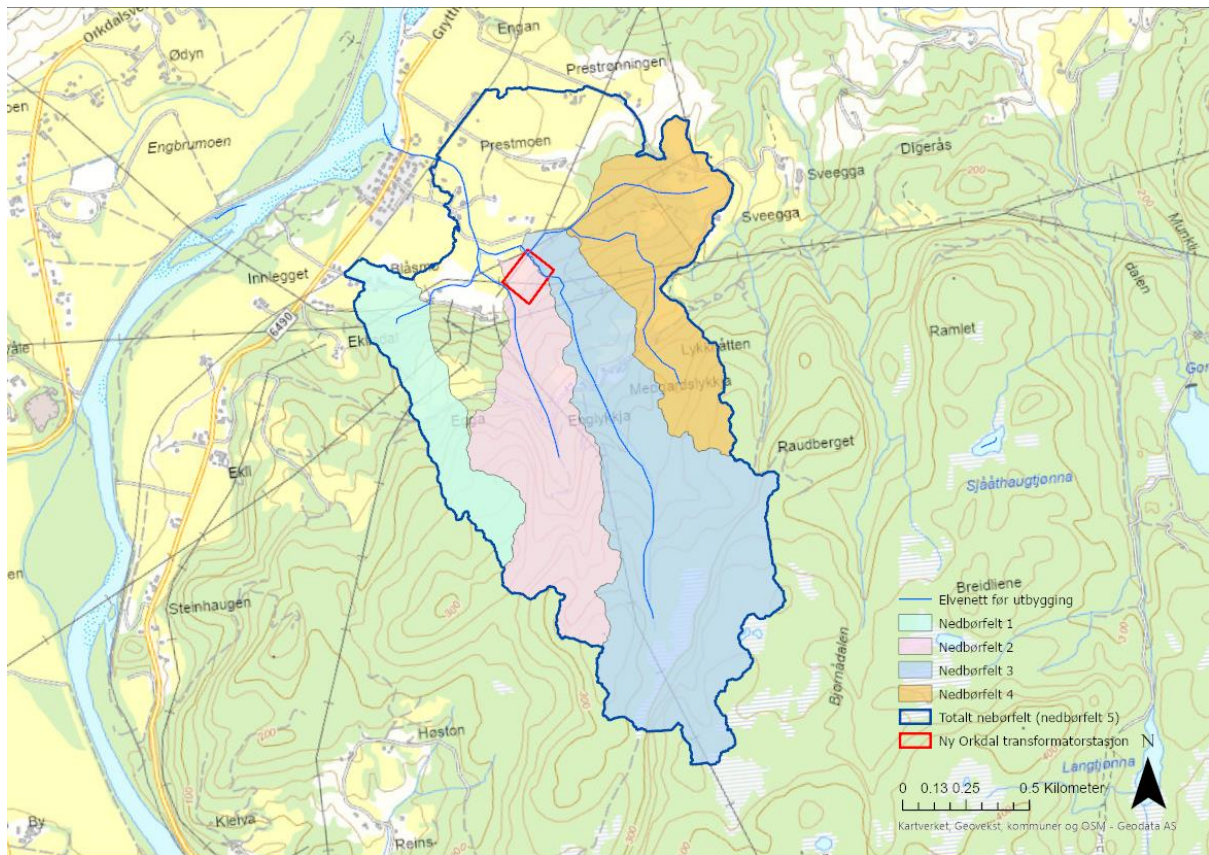


Figur 3-1 Kart som viser punkter som ble innmålt med GPS under befaring.

4 Flomberegning

4.1 Beskrivelse av feltparametere

I Figur 4-1 er lokalisering av Orkdal stasjon vist sammen med bekker og tilhørende nedbørfelt. Ny Orkdal stasjon ligger i et område som har tilsig fra fire mindre bekker, delt opp i fire nedbørfelt. Bekkene har samløp rett nedstrøms ny transformatorstasjon og danner Mobekken. Mobekken har et nedbørfelt på 2,6 km² hvor bekken krysser jernbanen, markert som nedbørfelt 5 i Figur 4-1. Spesifikk avrenning for nedbørfeltene er 21-23 l/s pr km². Utvalgte feltegenskaper er vist i Tabell 1. Nedbørfeltparametere ble hentet fra kartapplikasjon Nevina og Scalgo.



Figur 4-1: Nedbørfelt og elvenett rundt ny Orkdal stasjon.

Tabell 1: Utvalgte feltegenskaper. Nedbørfeltnummer er vist i kart i Figur 4-1.

Nedbørfelt	Areal (km ²)	QN (l/s*km ²)	Ase (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Medianhøyde (moh.)
Nedbørfelt 1	0,2	21	0	80	0	170
Nedbørfelt 2	0,4	22	0	98	0	232
Nedbørfelt 3	0,8	23	0	91	0	270
Nedbørfelt 4	0,42	22	0	66	0	170
Nedbørfelt 5	2,6	21	0	75	0	171

4.2 Flomberegning ny Orkdal stasjon

4.2.1 Metode

Metodikk for beregning av flom kan hovedsakelig deles inn i tre hovedgrupper: Flomfrekvensanalyser, nasjonalt eller regionalt formelverk og nedbør-avløpsmodellering. Valg av metode gjøres ut ifra geografiske og metrologiske parametere, om det finnes representative vannmerker i vassdraget eller i regionen med god kvalitet og tidsserie, samt nedbørfeltets egenskaper. Det er også viktig å vurdere flomsesong og kulminasjonsverdier. Veileder for flomberegninger (NVE, 2022) er lagt til grunn for beregningene.

Det er gjort flomberegning med Regional flomfrekvensanalyse RFFA – NIFS ved bruk av Nevina og flomfrekvensanalyse ved bruk av HYDRA II. Rasjonell metode er ikke gyldige for 1000-årsflom gjentaksintervall og ikke benyttet. Nedbør-avløpsmetode som PQRUT er vurdert, men er i hovedsak utviklet for nedbørfelt over 2 km² (NVE, 2022). Det er gjort en beregning med PQRUT samlet for Mobekken (nedbørfelt 5), men ikke for hvert av de mindre nedbørfeltene, da disse er under 2 km².

4.2.2 NVEs erfaringstall

I Trøndelag, vassdragsområdene 116 tom. 143, ligger flomverdiene for døgnmiddelverdier for Q1000 i små felt (<50 km²) stort sett mellom 850 – 2000 l/s pr. km², med avtagende størrelser østover. Når det gjelder spesifikke kulminasjonsverdier (timesverdier) for 200-års flom i Trøndelag og i Møre og Romsdal varierer disse stort sett fra 800 – 3000 l/s/km². De høyeste verdiene finner en i Møre og Romsdal og for felt med lav selvreguleringsevne (NVE, 2022).

4.2.3 Klimaendringer og flom

Selv små nedbørfelt kan imidlertid gi store vannmengder under ekstremværsituasjoner. Framskrivninger presentert i «Klima i Norge 2100» viser at det kan forventes mellom 5 og 30 % økning av midlere årsnedbør mot slutten av dette århundret. Klimaendringer i form av kraftigere nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn i stedet for snø forventes å endre flomregimet i Sør-Trøndelag frem mot 2100 (Norsk klimaservicesenter, 2022).

Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret (Norsk klimaservicesenter, 2022).

Nedbøren forventes å øke. I kystnære elver hvor årets største flom i dag er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegninger og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføringen. I mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Anbefalt klimapåslag er 0 % for store nedbørfelt dominert av snøsmelteflommer, og minst 20 % for alle andre vassdrag. (Lawrence, 2016) (Norsk klimaservicesenter, 2022). I nedbørfelt som reagerer svært raskt på nedbør, og dermed er spesielt utsatt for økning i korttidsnedbør, anbefaler NVE at en benytter 40 % påslag i vannføring. I praksis betyr dette at om et nedbørfelt er mindre enn ca. 10 km² anbefales 40 % påslag i vannføring uavhengig av nedbørfeltets andre egenskaper. Om nedbørfeltet er større enn dette, bør nedbørfeltets egenskaper som høydefordeling, bratthet, effektiv sjøprosent og andremuligheter for flomdempning vurderes (NVE, 2022).

Rapporten «Klimapåslag for korttidsnedbør, anbefalte verdier for Norge» (Førland, 2019) viser tydelig at klimafaktorer øker tydelig med lengre returperioder og med kortere

varigheter. Dette er i tråd med at det er de mest ekstreme hendelsene som vil øke mest i framtiden, og spesielt småskala intense nedbørhendelser som for eksempel konvektive sommerbyger.

Anbefalingen er for nedbør med returperioder på mer enn 50 år og med varighet under 1 time, ett klimapåslag på 50 %. For nedbør med varighet på 1-3 timer anbefales ett klimapåslag på 40 %, og over tre timer anbefales 30 %, som vist i Tabell 2.

Tabell 2 Klimapåslag for kraftig nedbør, avhengig av varighet og dimensjonerende gjentakintervall.

	Dimensjonerende gjentakintervall < 50 år	Dimensjonerende gjentakintervall ≥ 50 år
≤ 1 time	40 %	50 %
>1 – 3 timer	40 %	40 %
>3 – 24 timer	30 %	30 %

I foreliggende rapport er det ikke benyttet flomberegningsmetoder hvor inputdata er ekstremnedbør. Det er derfor kun lagt til klimapåslag på flommen.

Alle nedbørfeltene som inngår i denne analysen, er under 10 km². Etter anbefaling fra NVE er det lagt til et klimapåslag på 40 %.

4.2.4 Flomfrekvensanalyse

Det er ingen aktive eller tidligere avløpsstasjoner i nedbørfeltet, men det er målestasjoner, med lignende nedbørfelt og brukbart lange måleserier i regionen, som kan benyttes for analyse.

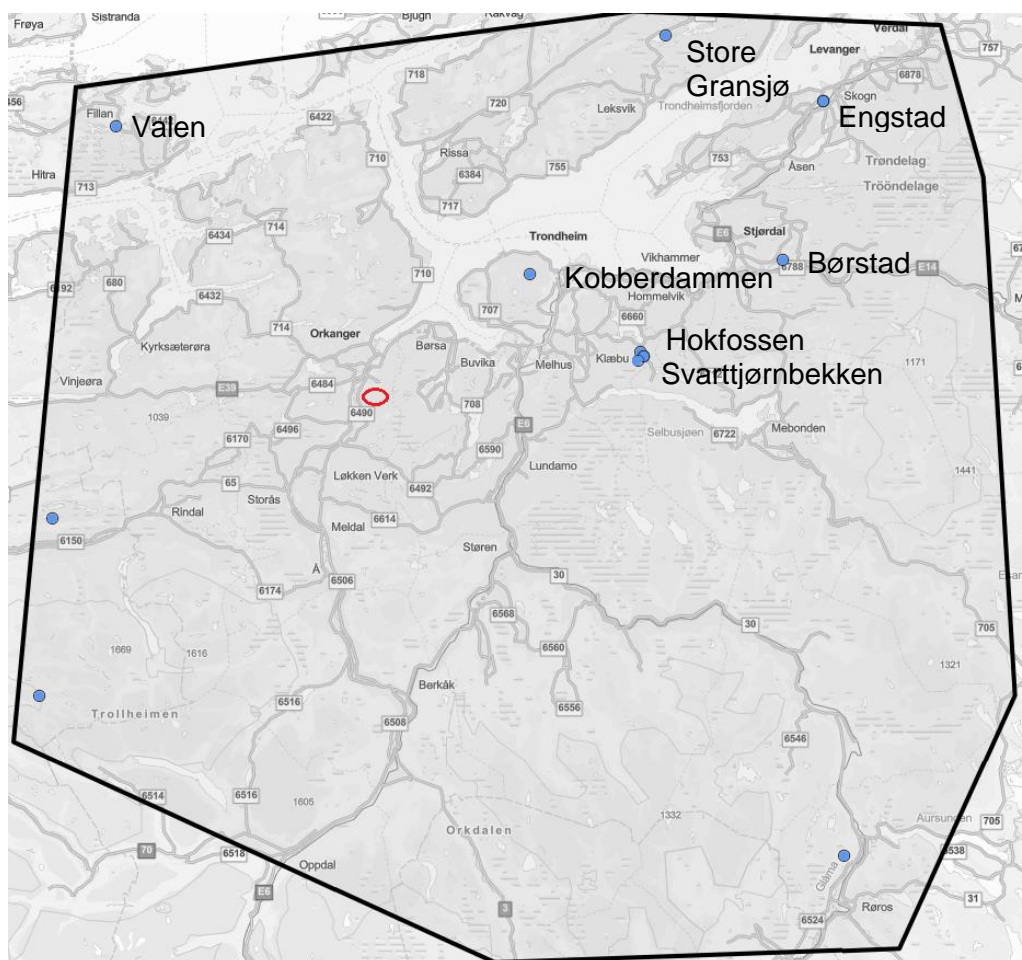
Det er søkt å finne avløpsstasjoner som kan være flommessig representative for nedbørfeltene, både når det gjelder størrelse, topografi og avstand fra kyst, samt at de har en tilstrekkelig lang observasjonsperiode for sikkert å kunne beregne flomstørrelser. Flere stasjoner har vært vurdert som mulig datagrunnlag for bruk i flomfrekvensanalysen. Stasjonenes beliggenhet er vist på kartet i Figur 4-2, og utvalgte stasjonsdata finnes i Tabell 3

Tabell 3. Det er valgt ut stasjoner som er aktive med data fram til nyere dato, siden de siste årenes flomsituasjoner vektlegges høyt. Sammenligningsstasjonene er funnet ved bruk av NVE Seriekart. Utvalgte stasjonsopplysninger er vist i Tabell 3

Tabell 3: Hydrologiske målestasjoner med utvalgte feltegenskaper i området rundt Orkdal stasjon. Sammenlignet med nedbørfeltene ved Orkdal stasjon.

St.nr	Stasjonsnavn	Areal (km ²)	QN (l/s*km ²)	Ase (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Medianhøyde (moh.)
	Nedbørfelt 1	0.24	21	0	80	0	170
	Nedbørfelt 2	0.47	22	0	98	0	232
	Nedbørfelt 3	0.9	23	0	91	0	270
	Nedbørfelt 4	0.42	22	0	66	0	170
	Nedbørfelt 5	2.6	21	0	69	0	141
124.15.0	Børstad	48.42	25	0.18	60	0	156
131.2.0	Store Grønsjø	40.7	58	6	52	13	331

117.4.0	Valen (Laksvatnet)	39.28	29	5	35	0	77
126.2.0	Engstad	20.13	17	0	35	0	85
123.28.0	Hokfossen	8.06	28	1.24	76	0	336
123.29.0	Svarttjørbekken	3.43	28	0.85	82	0	340
123.95.0	Kobberdammen	1.02	22	12	56	12	355



Figur 4-2: Kart fra NVE seriekart som viser utvalg målestasjoner rundt Orkdal stasjon (rød sirkel)

Det er foretatt flomfrekvensanalyse på årsflommer. Resultater fra flom frekvensanalysen er vist i Tabell 4. NVE-programmet «Ekstremverdianalyse» i DAGUT ble benyttet til analysene. Det er benyttet GEV-fordeling for stasjoner med serielengde på over 50 år, og gumbel-fordeling på stasjoner med serier på under 50, jf. NVE sine retningslinjer (NVE, 2022). Flomfrekvensplottene er vist i vedlegg.

Tabell 4: Resultater fra flomfrekvensanalysen gjort i Hydra II

St. navn	Areal (km ²)	Q _M (l/s*km ²)	Q _{M_kulm} (l/s*km ²)	Q _{M_kulm} / Q _{M_døgn}	Q ₂₀₀ (l/s*km ²)	Q ₁₀₀₀ (l/s*km ²)	Periode
Børstad	48.42	392	770	1.97	1952	2381	1992-2021

Hokfossen	8.06	303	449	1.48	1174	1456	1970-2020
Kobberdammen	1.02	380	612	1.61	1265	1518	2007-2021
Valen (Laksvatnet)	39.28	276	267	0.97	658	832	1934-2021
Svarttjørbekken	3.43	322	553	1.72	1395	1725	1971-2021
Store Grønsjø	40.7	346	380	1.10	896	1083	1979-2021
Engstad	20.13	457	605	1.32	1474	1787	1992-2021

Basert på flomfrekvensanalysen ligger flomverdien for Q_{1000} i størrelsesorden 800-2400 l/s per km^2 . Basert på feltstørrelser, nærhet og feltegenskaper ble Svarttjørbekken og Hokfossen vurdert som mest representative. Samtidig er Kobberdammen vurdert litt nærmere, men denne målestasjonen har høy innsjøprosent og kortere måleserie. Både Kobberdammen, Hokfossen og Svarttjørbekken har flomverdier i størrelsesorden 1450-1725 l/s pr km^2 . Av disse målestasjonene ble Svarttjørbekken vurdert som den mest representative målestasjonen på grunn av feltegenskaper og beliggenhet. Flomberegningsresultater for 200 og 1000 års gjentaksintervall ved bruk av Svarttjørbekken som representativ stasjon er vist i Tabell 5.

Tabell 5: Kulminasjonsverdier for nedbørfelter i Orkdal stasjon ved bruk av Svarttjørbekken

Nedbørfelt	Areal (km^2)	Q_M (m^3/s)	Q_{200} (m^3/s)	Q_{200} -årsflom + 40% klimapåslag (m^3/s)	Q_{1000} (m^3/s)	Q_{1000} -årsflom + 40% klimapåslag (m^3/s)
Nedbørfelt 1	0.24	0.08	0.33	0.47	0.41	0.58
Nedbørfelt 2	0.47	0.15	0.66	0.92	0.81	1.14
Nedbørfelt 3	0.91	0.29	1.27	1.78	1.57	2.20
Nedbørfelt 4	0.42	0.14	0.59	0.82	0.72	1.01
Nedbørfelt 5	2.6	0.84	3.63	5.82	4.49	6.28

4.2.5 RFFA-NIFS

Formelverket RFFA-NIFS er utarbeidet for å estimere kulminasjonsflomverdier i små uregulerte nedbørfelt (areal < ca. 60 km^2) og inkluderer ligninger for å beregne middelflommen (Q_M) og vekstkurven. Formelverket ble utviklet for å estimere flomstørrelser opp til og med 200-års gjentaksintervall. For høyere gjentaksintervaller (eksempelvis Q_{500} og Q_{1000}), bør vekstkurven fra RFFA-2018 og representative stasjoner i området tillegges mer vekt. Vekstkurven fra RFFA-NIFS kan bli veldig bratt for de høyeste gjentaksintervallene (NVE, 2022).

I foreliggende flomberegning er derfor middelflommen fra RFFA-NIFS benyttet med vekstkurve fra RFFA-NIFS for Q_{200} , mens for Q_{1000} er vekstkurven fra RFFA-2018 benyttet. Formelverket gir kulminasjonsverdier direkte.

Flomverdier resultat ved bruk av RFFA-NIFS er vist i Tabell 6. Resultatene fra analysen for hvert enkelt nedbørfelt er også vist i vedlegg.

Tabell 6: Beregnede kulminasjonsverdier ved bruk av RFFA-2018

NIFS kulminasjonsverdier, m ³ /s						
Nedbørfelt	Feltareal km ²	Q _M	Q ₂₀₀	Q ₂₀₀ + 40% klimapåslag	Q ₁₀₀₀	Q ₁₀₀₀ + 40% klimapåslag
Nedbørfelt 1	0.24	0.19	0.55	0.77	0.56	0.78
Nedbørfelt 2	0.47	0.37	1.05	1.46	1.20	1.68
Nedbørfelt 3	0.91	0.69	1.91	2.68	2.14	2.99
Nedbørfelt 4	0.42	0.33	0.93	1.31	1.07	1.50
Nedbørfelt 5	2.6	1.60	4.47	6.26	4.78	6.69

4.2.6 PQRUT

Nedbør-avløpsmetode som PQRUT er i hovedsak utviklet for nedbørfelt over 2 km² (NVE, 2022). Det er gjort en beregning med PQRUT samlet for Mobekken (nedbørfelt 5), men ikke for hvert av de mindre nedbørfeltene, da disse er under 2 km².

Nedbør-avløpsmodellen PQRUT er en enkel, hendelsesbasert modell som gir vannføring fra et fastlagt nedbørførløp. Nedbørfeltet er representert ved en karmodell hvor det antas at avløpet er proporsjonalt med vanninnholdet i karet. Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom karet, som er modellert med to utløpskoeffisienter, K1 og K2. En «åpning» i veggen har som funksjon å forsterke feltets reaksjon (K1) når innholdet i karet når terskelnivå, T. Modellen har tre modellparametere:

- K1: Tømmekonstant for øvre nivå (tid-I)
- K2: Tømmekonstand for nedre nivå (tid-II)
- T: Terskelnivå, skille mellom øvre og nedre nivå (mm)

Siden det ikke finnes observerte vannføringer fra de aktuelle feltene, er modellparameterne teoretisk bestemt ut fra feltparametere for nedbørfeltet. Feltparametere er beregnet i Nevina (nevina.nve.no).

Nedbørførløp og resulterende tilløpsflom

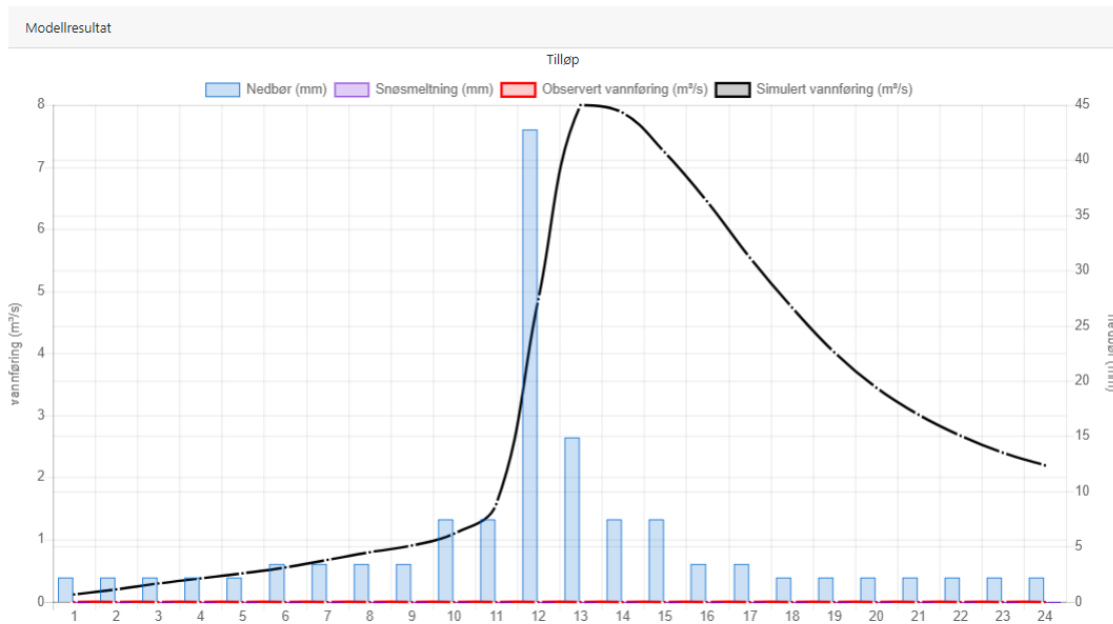
Det er benyttet ekstremnedbør som er levert av metrologisk institutt. Nedbørverdiene er oppgitt i vedlegg 3 sammen med arealreduksjonsfaktorene (ARF). I beregningen er årsnedbør for M1000 lagt til grunn, og det er benyttet et nedbørførløp på 24 timer er konstruert rundt høyeste nedbørintensitet ut fra nedbørverdiene, med maksimum etter 12 timer. Nedbørførløpet er vist i Figur 4-3.

Snøsmelting

I denne beregningen er det ikke vurdert sesongflom med snø. Siden årsverdier er lagt til grunn i beregningene i denne rapporten er ikke snøsmelting medregnet.

Resulterende flom

Beregningen er gjort i Nevina ved bruk av NVE sin PQRUT modell. Tilløpsflom for Mobekken (nedbørfelt 5) er beregnet til 3067 l/s pr km² for Q₁₀₀₀ ved bruk av hydrologisk modell. Dette gir en flomstørrelse på 8 m³/s for Q₁₀₀₀. Tallene som er oppgitt er kulminasjonsverdier. Med 40 prosent klimapåslag på flommen er Q₁₀₀₀ beregnet til 11,2 m³/s.



Figur 4-3 Resultater fra PQRUT Q_{1000} for nedbørfelt 5, Mobekken.

4.2.7 Valg av beregningsmetode

Resultatene fra flomfrekvensanalysen gir kulminasjonsverdier i størrelsesorden 1700-1800 l/s per km² for Q_{1000} . Ved bruk av PQRUT er flommen i Mobekken (nedbørfelt 5) er beregnet til 3067 l/s per km² for Q_{1000} ved bruk av hydrologisk modell. Tallene som er oppgitt er kulminasjonsverdier. Beregninger med RFFA-NIFS ligger i samme størrelsesorden som flomfrekvensanalyse for nedbørfeltene over 1 km², men for feltene under 1 km² ligger flomverdiene en del høyere ved bruk av RFFA-NIFS, her opp i størrelsesorden 2500 l/s per km². Små felt har rask respons, og det er naturlig at disse feltene vil kunne ha noe høyere spesifikke flomverdier.

Flomberegningene ligger innenfor NVEs erfaringstall for flomverdier i regionen, men beregningen fra PQRUT ligger i øvre sjiktet av NVEs erfaringstall. Metrologisk institutt oppgir i sine beregninger at verdiene for nedbør er basert på et relativt sparsommelig datagrunnlag, og må regnes som et grovestimat.

RFFA-NIFS er derfor lagt til grunn for videre analyse. Beregnede kulminasjonsverdier som er benyttet i videre analyse er vist i Tabell 7.

Tabell 7: Beregnede kulminasjonsverdier som er benyttet videre i analysen.

Nedbørfelt	Feltareal, km ²	Q _{200 + 40%} klimapåslag (m ³ /s)	Q _{1000 + 40%} klimapåslag (m ³ /s)
Nedbørfelt 1	0.24	0.77	0.78
Nedbørfelt 2	0.47	1.46	1.68
Nedbørfelt 3	0.91	2.68	2.99
Nedbørfelt 4	0.42	1.31	1.50
Nedbørfelt 5	2.6	6.26	6.69

4.2.8 Gjentakintervall i anleggsfasen

For å vurdere gjentakintervall er det valgt å legge SVV håndbok V240 til grunn. Dette er ikke et krav knyttet til dimensjonering for anleggsarbeid ved transformatorstasjoner, men er vurdert som en hensiktsmessig tilnærming også her. For midlertidige anlegg er det ikke gitt krav til returperiode, men det åpnes for å velge lavere påslag ned til 1,0 (SVV håndbok V240). For valg av returperiode anbefales det å gjøre en vurdering av levetiden til anlegget. Det anbefales at midlertidige anlegg dimensjoneres for en returperiode som gir samme, eller lavere, sannsynlighet for flom som anlegget vil ha når det er ferdigstilt. Det anbefales da å først beregne sannsynlighet for det ferdigstilte anlegget. Ut fra denne sannsynligheten og antatt varighet av anleggsfasen som levetid, kan man så beregne returperioden for det midlertidige anlegget. Beregning av sannsynlighet for flom ut fra forventet levetid og returperiode gjøres ved bruk av ligningen oppgitt i Figur 4-4.

$$P_s = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{T_L} \quad \text{Lign. 5.2.1}$$

P_s = Sannsynlighet for at verdien inntreffer minst én gang i løpet av levetiden [-]
 T = Returperiode for flomverdien [år]
 T_L = Levetid [år]

Figur 4-4 Ligning hentet fra SVV håndbok V240 (Statens vegvesen, 2020)

Det er antatt at trafostasjonen har en forventet levetid på 50 år, og skal dimensjoneres for 1000 års flom. Dette gir en beregnet sannsynlighet for flom på 0,05. Anleggsarbeidene skal pågå over 3 år, og må dimensjoneres for minimum 50 års flom for å oppnå tilsvarende lav sannsynlighet for flom som det ferdigstilte anlegget.

Ved bruk av RFFA-NIFS er 50 års flommen beregnet til:

Tabell 8 50-årsflom beregnet med RFFA-NIFS

Nedbørfelt	Areal, km ²	Q _M (l/s*km ²)	Q ₅₀ m ³ /s	Q _{50+Klima} m ³ /s
Nedbørfelt 1	0.24	810	0.4	0.6
Nedbørfelt 2	0.47	795	0.8	1.1
Nedbørfelt 3	0.91	753	1.4	2.0
Nedbørfelt 4	0.42	795	0.7	1.0
Nedbørfelt 5	2.6	603	3.3	4.6

5 Hydraulisk modellering

5.1 Metode

For beregning av vannlinje og hydrauliske parametere er programvaren HEC-RAS 6.3.1 benyttet. De viktigste inngangsparametere i HEC-RAS-modellen er geometri (terrengmodell, grid, elvebanker og konstruksjoner), ruhet, grensebetingelser og vannføring. Terrengmodellen er utarbeidet i ETRS 1989 NTM Zone 9. Alle høydereferanser i notatet refererer til NN2000, med mindre annet ikke er oppgitt.

5.2 Oppsett av modell

5.2.1 Terreng

Terrengdata på land er lastet ned fra høydedata.no, og er et utsnitt av NDH Orkdal 2pkt 2016. Oppløsningen på datasettet er 0,5 meter.

Laserdata er bearbeidet i ArcGis pro og Scalgo. Det er også gjort innmålinger av terrenget i bekkene med GPS og terrenget er justert i henhold til innmålte høyder. Målepunktene er vist i kart i *Figur 3-1*.

Terrengmodellen ble deretter importert i HEC-RAS og brukt videre i vannlinjemodelleringen. Det er utarbeidet to terrengmodeller i forbindelse med planene: Én terrengmodell for eksisterende situasjon og én for opparbeidet tomt for plassering av Orkdal stasjon med tilhørende veier og infrastruktur. For terrengmodellen etter utbygging av Orkdal stasjon er prosjektert terreng for vei og stasjonstomt benyttet. I tillegg er bekketraseene som skal legges om etablert i terrenget og eksisterende bekker er utbedret med skråninger med en helning 1:2,5 i løsmasser og 1:1,5 i fjell.

5.2.2 Grensebetingelser

Oppstrøms grensebetingelse er satt til normalstrømning i elveløpet. Området har tilsig fra fire mindre bekker.

Som nedstrøms grensebetingelse er 10-års flomvannstand i Orkla ved utløpet til Mobekken benyttet. En storflom i Orkla vil mest sannsynlig inntreffe senere enn flomtoppen i Mobekken, og 10-årsflom er derfor vurdert som et sannsynlig senario for nedre grensebetingelse, ca. kote 10.

5.2.3 Konstruksjoner

Det er flere stikkrenner og kulverter i Mobekken, samt i bekkesystemet rundt ny Orkdal stasjon. Hele bekkesystemet er befart og det er gjort innmålinger av eksisterende kulverter. Mobekken krysser både jernbanen og Blåsmovegen før utløpet i Orkla, begge kulvertene vist i *Figur 5-1*. Med unntak av disse to kulvertene er resterende kulverter og stikkrenner i størrelsesorden 600-1000 mm. Det finnes også enkelte mindre stikkrenner på 200-400 mm.



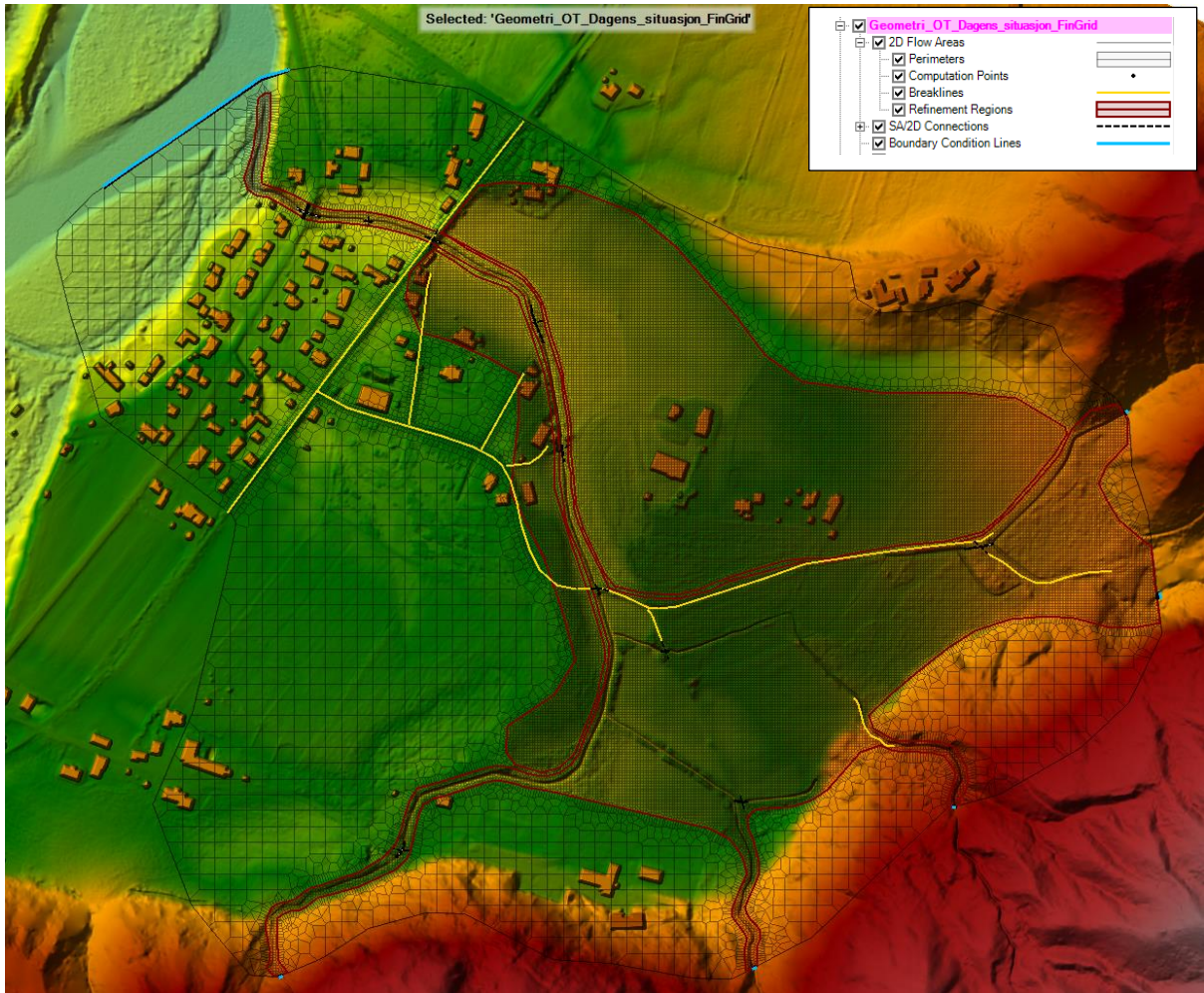
Figur 5-1: Bildet til venstre viser kulvert under jernbanen. Størrelse B: 110 cm, H: 150 cm. Bildet til høyre viser kulvert under Blåsmovegen, Ø1400.

5.2.4 Modelloppsett

Arealbrukskart er lagt til grunn for Manningsverdiene. Manningsverdien for de ulike arealtypene er oppgitt i Tabell 9. I tillegg er ruhetstall vurdert i henhold til tabell 4.1 i Vassdragshåndboka (Tharan Fergus, 2010). Modelloppsettet er vist i Tabell 9 og visualisert i Figur 5-2.

Tabell 9 Parametere benyttet i HEC-RAS-modell for Orkdal stasjon

Parametere	Modell Orkdal stasjon
Ruhet (bekk/vei/terreng)	0.045/0.03/0.06
Oppløsning i terrengmodellen	0.5 meter
Cellestørrelse i beregningsgrid	2.5*2.5 m i bekk og planområde, 3*3 m flomsletter, 15*15 m i øvrig terreng
Nedre grensebetingelse	10 moh



Figur 5-2: Modelloppsett dagens situasjon ved Orkdal stasjon. Terrengmodellen er vist som bakgrunn.



Figur 5-3 Modelloppsett med Orkdal stasjon. Terrengmodellen inkl. opparbeidet tomt og voller samt omlagte bekker, og er vist som bakgrunn.

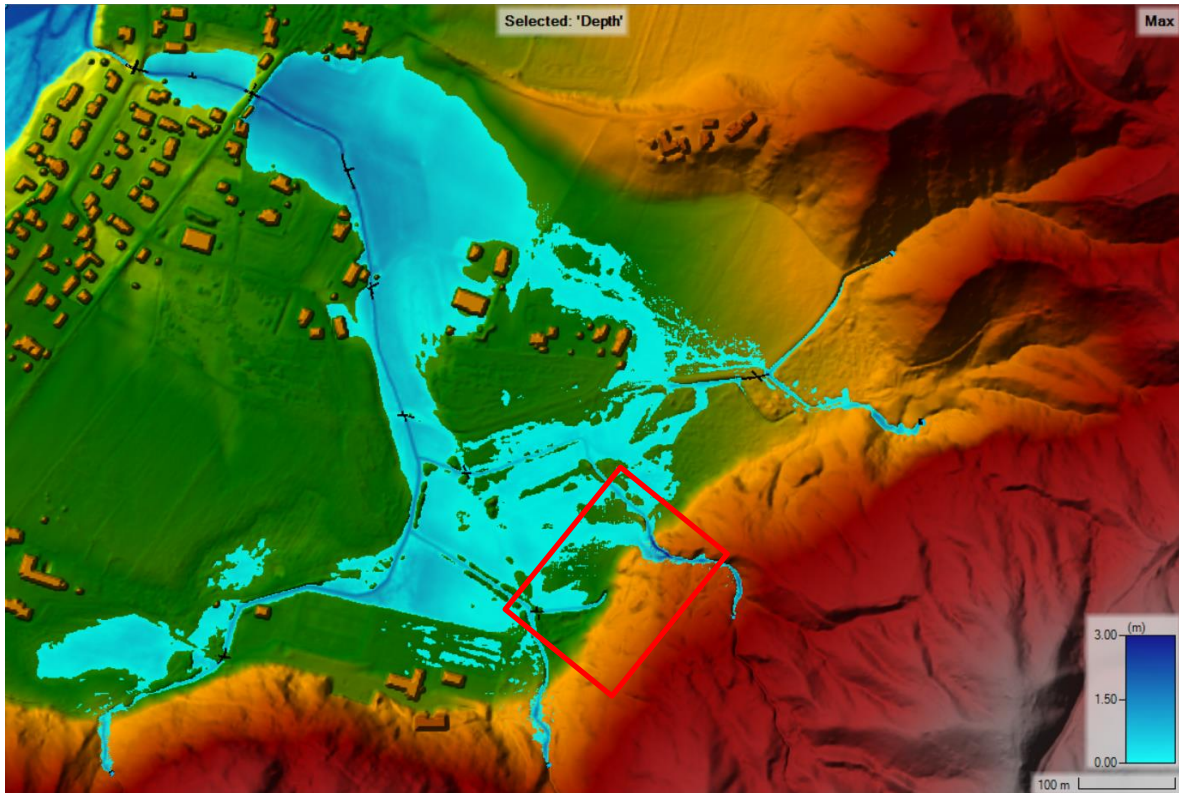
5.3 Resultater

5.3.1 Flomsonekart 1000-årsflom dagens situasjon

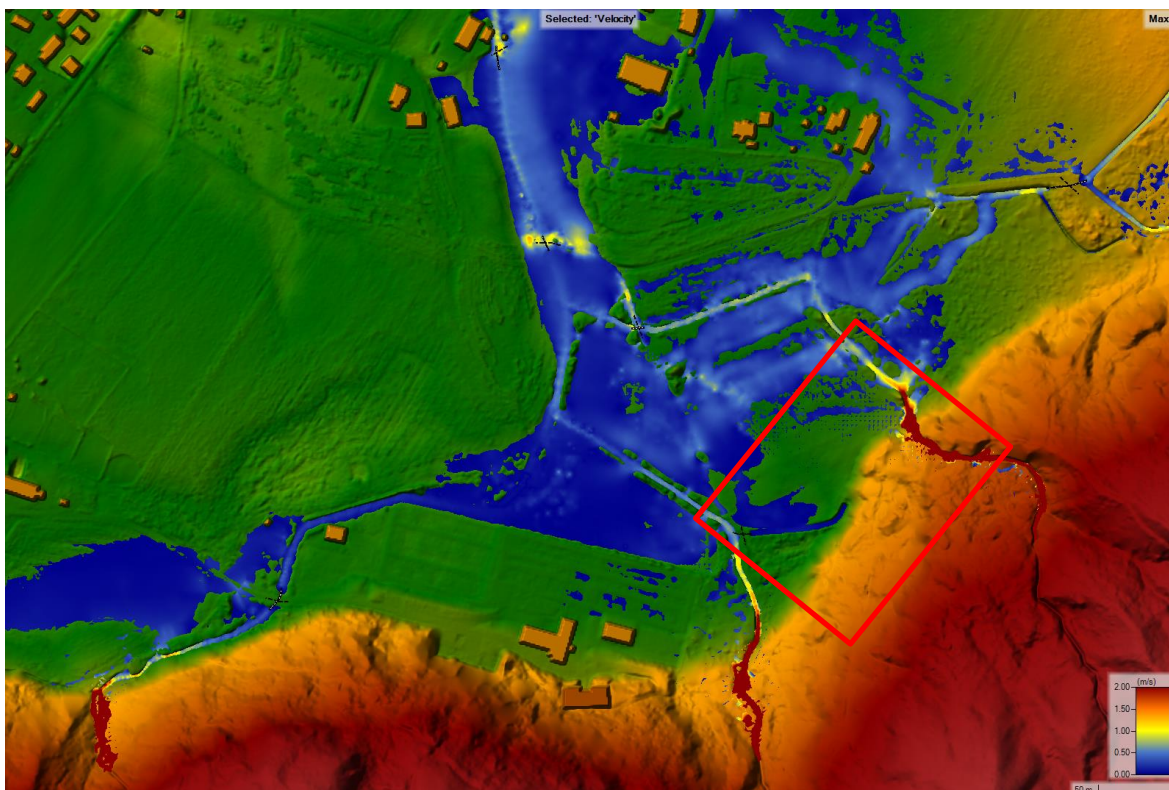
Det er gjort en flomfarekartlegging av dagens situasjon under en 1000-årsflom. Flomsonekart for området for dagens situasjon er vist i Figur 5-4. Vannhastigheter i området for ny Orkdal stasjon under 1000-årsflom er vist i Figur 5-5.

Som flomsonekartet viser vil deler av planområdet/influensområdet fungere som flomsletter under en 1000-års flomhendelse. Store deler av arealet hvor stasjonen er planlagt blir oversvømt under flom. I tillegg er det tydelig at kulverten under Thamshavnbanen og Blåsmoveien er begrensende under store flommer. Vannstanden blir stuvet opp og ligger tilnærmet flatt helt opp mot punktet hvor Engmoveien krysser Mobekken. Vannstanden under Q_{1000} ligger på kote 14.90 på oversiden av Thamshavnbanen og oppover mot Engmoveien. Vannstandene er også listet opp i Tabell 10.

Vannhastighetene ved landbruksarealene er lave, mellom 0-1 m/s. Bekkene renner i et bratt parti ned fra høyereliggende områder bak ny transformatorstasjon. Her er hastighetene en god del høyere.



Figur 5-4 Vanndybde og flomutbredelse under 1000-årsflom i Mobekken. Område for hvor ny stasjon er planlagt er markert med rødt firkant.



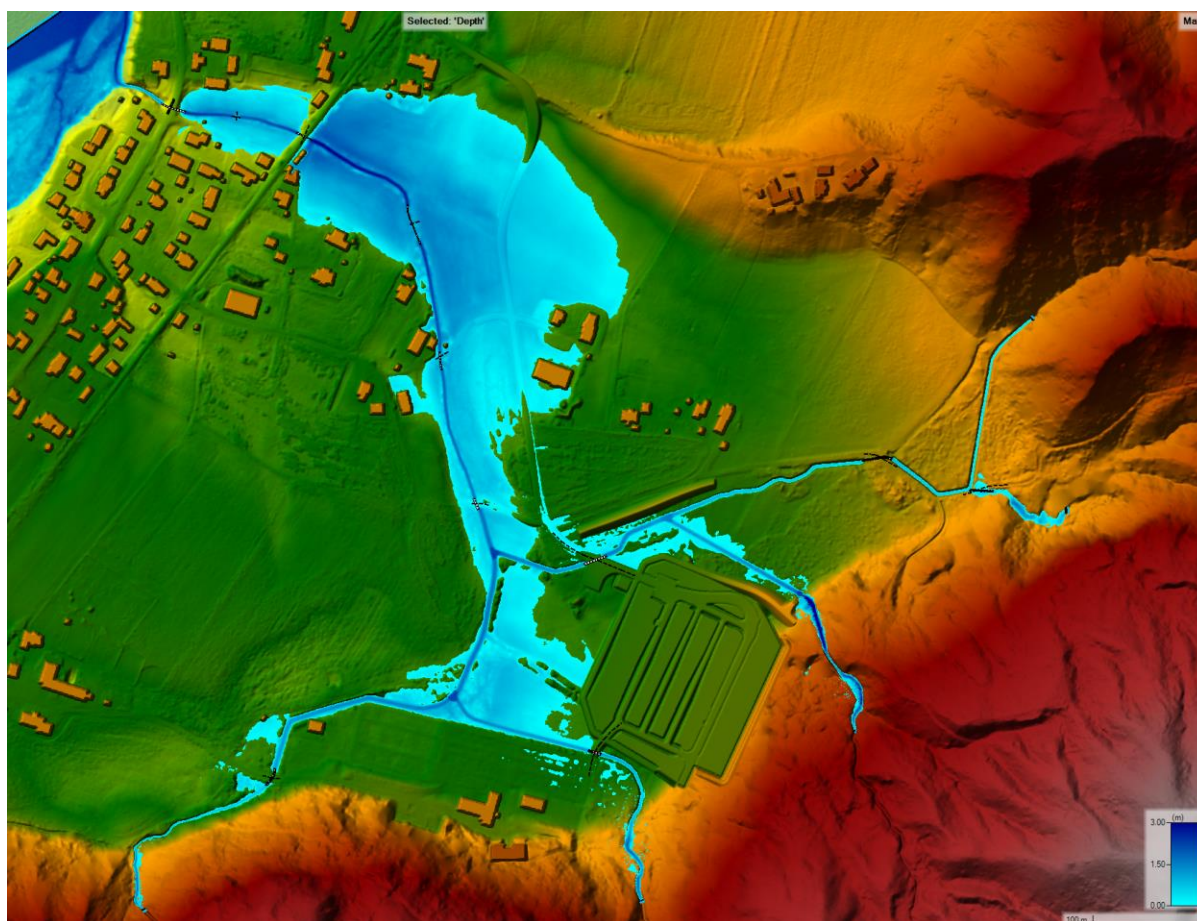
Figur 5-5 Vannhastigheter ved en 1000-årsflom i Mobekken i området hvor ny transformatorstasjon er planlagt. Område for hvor ny stasjon er planlagt er markert med rødt firkant.

5.3.2 Flomsonekart 1000-årsflom etter utbygging av Orkdal stasjon

Vanddekt areal og vanddybde ved Q_{1000} etter utbygging av Orkdal stasjon er vist i Figur 5-6. I området nord for stasjonen ligger vannstanden ved dimensjonerende flom på kote 16.90 (ved voll gjerdevei) til kote 16.00 (ved adkomstveien). Vollen langs gjerdeveien skrår opp fra kote 17 ved adkomstveien til kote 23.8 ved topp gjerdevei. I flomsonen sør-vest for stasjonstomten ligger flomvannstanden under Q_{1000} på kote 15.13. Vannstandene ligger godt under kotehøyde på stasjonstomten som skal etableres med laveste punkt på kote 17.

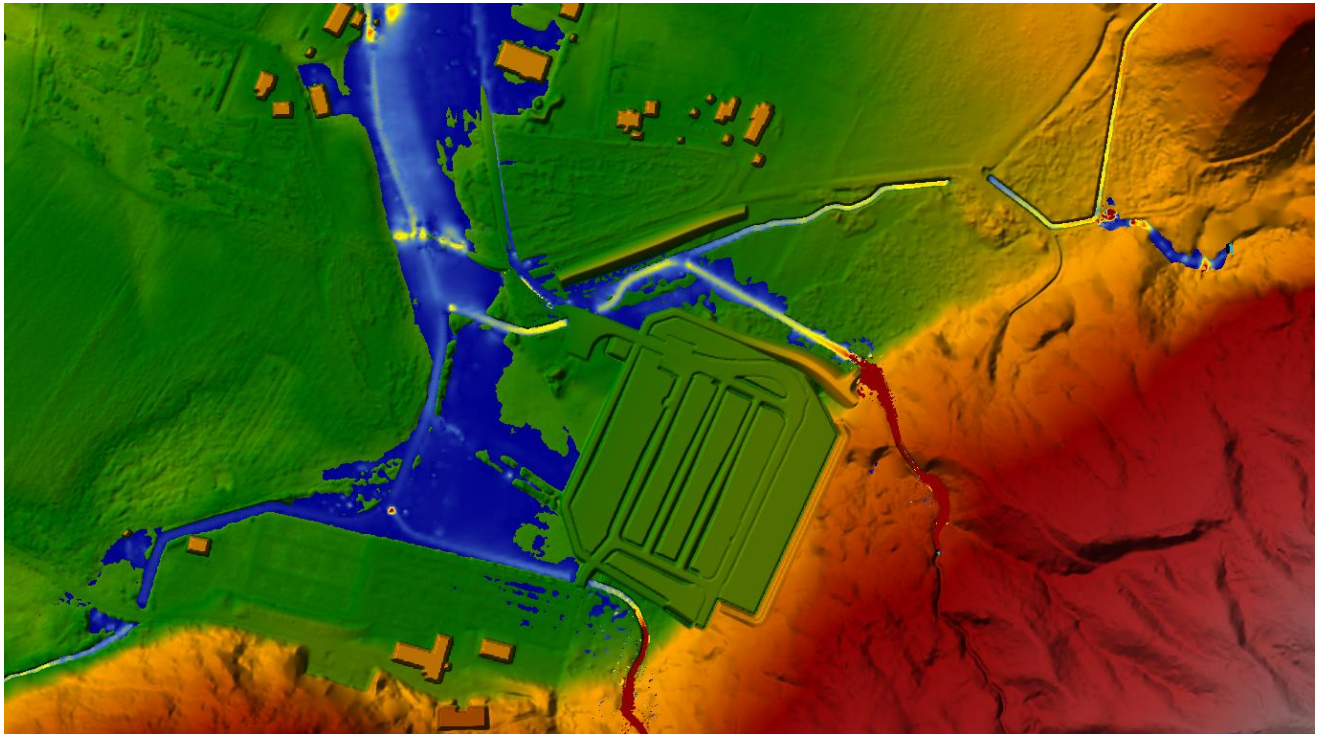
Begrenset kulvertkapasitet under Thamshavnbanen og Blåsmoveien vil være et begrensende snitt, også etter utbygging. Vannstanden her vil være den samme før og etter utbygging av Orkdal stasjon. Adkomstveien skal fluktuere med terrenget slik at dagens flomsone benyttes tilsvarende som i dag. Det er avgjørende av adkomstveien bygges slik at den flukter med dagens terreng, for å unngå økt flomfare langs mobekken.

Det betyr at adkomstveien oversvømmes ved større flommer. Vannstand oppstrøms jernbanen blir stuvet opp som følge av begrenset kulvertkapasitet under jernbanen. Flomvannstanden tilsvarer kote 14.90 i dette området, og strekker seg opp mot første gård som ligger på østsiden av ny adkomstvei. Dette gir en vannstandsstiging som er ca. 1 meter høyere enn de laveste punktene langs veitraseen til adkomstveien. Det er vurdert alternativer for å sikre flomsikker adkomst. Sweco anbefaler en løsning med alternativ tilkomst via eksisterende transformatorstasjon ved flom, eller at adkomstveien kan sikres med utbedret kulvertkapasitet under Thamshavnbanen og Blåsmoveien. Disse to alternativene kan også kombineres ved at man utfører anleggsarbeidet og ferdigstilling av anlegget med flomsikker adkomst via eksisterende stasjon, og oppgraderer kulverter under bane og vei på et senere tidspunkt.



Figur 5-6 Vanddekt areal og vanddybde ved Q_{1000} etter utbygging av Orkdal stasjon.

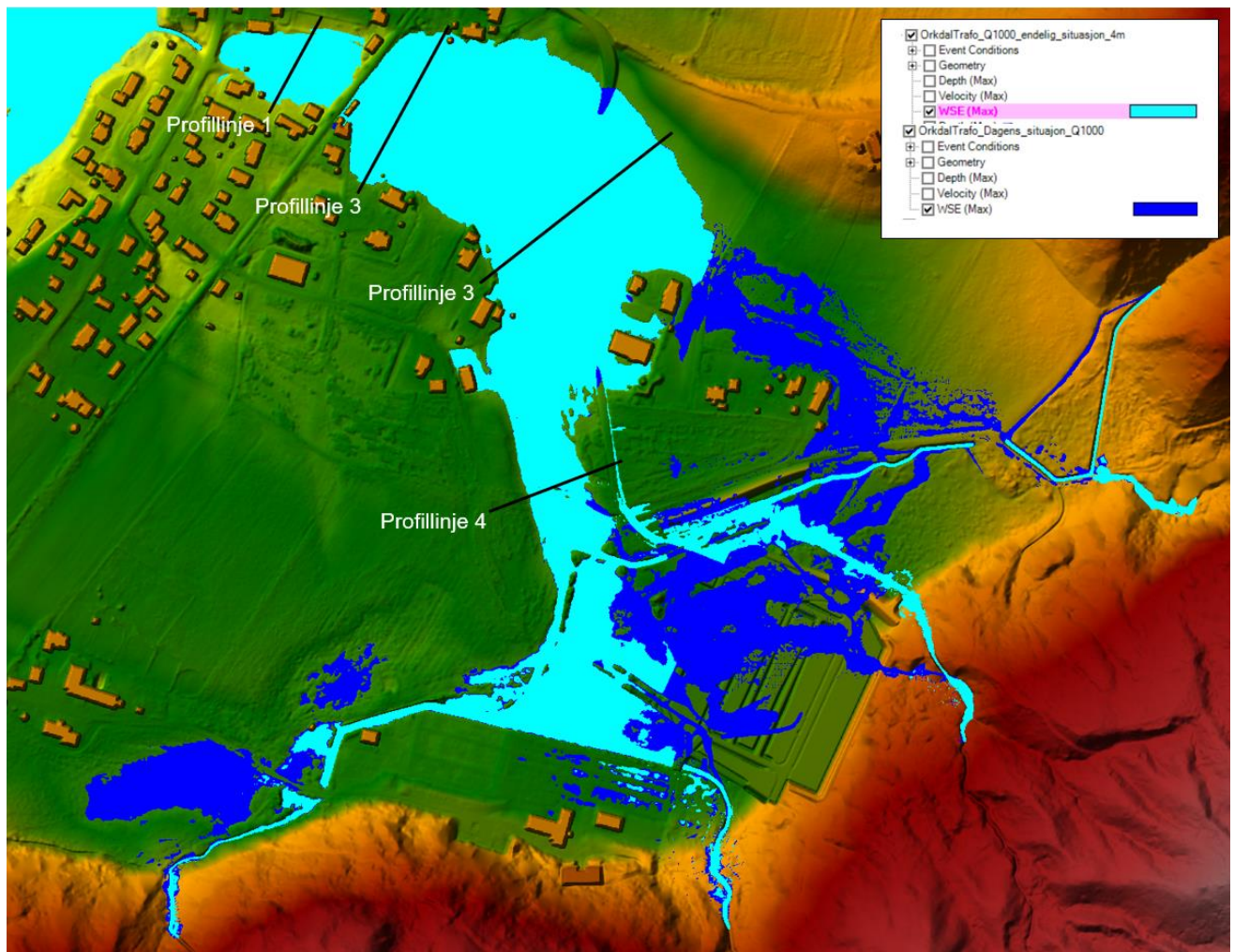
Vannhastigheter er vist i Figur 5.7. Vannhastighetene ved landbruksarealene er lave, mellom 0-1 m/s. Bekkene renner i et bratt parti ned fra høyereliggende områder bak transformatorstasjonen. Her vil hastighetene bli høye. Erosjonssikring er vurdert i 6.2.



Figur 5-7 Vannhastigheter ved Q1000 etter utbygging av Orkdal stasjon. Vannhastighetene ligger i stor grad i underkant av 1 m/s, med unntak av der bekkene kommer ned fra brattere terreng og treffer landbruksområdene.

5.3.3 Vurdering av flomforhold i Mobekken nedenfor stasjonstomten

Det er også vurdert om bekkemleggingen vil forverre flomforholdene nedover i Mobekken fra ny stasjonstomt ned til Orkla. Det er tatt ut vannstander ved utvalgte profillinjer i Mobekken som er oppgitt i Tabell 10. Resultatene fra vannlinjemodellen viser ingen endring i flomforholdene i Mobekken nedenfor Engmoveien før og etter utbygging av Orkdal stasjon.



Figur 5-8 Vanddekt areal under Q1000 før og etter utbygging av Orkdal stasjon.

Tabell 10 Vannstander ved utvalgte profillinjer (Figur 5-8) før og etter utbygging av Orkdal stasjon ved Q1000, Q50 og Qm.

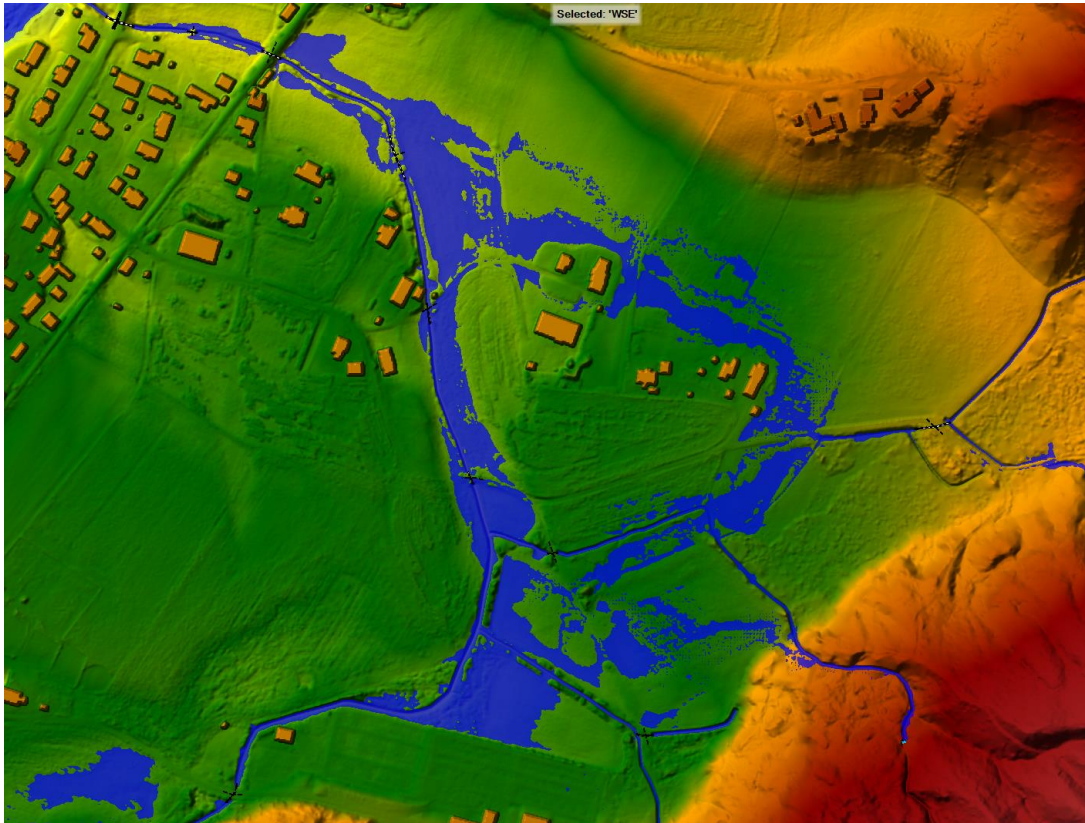
Profilinje	Vannstand Q1000		Vannstand Q50		Vannstand Qm	
	Før utbygging	Etter utbygging	Før utbygging	Etter utbygging	Før utbygging	Etter utbygging
1	13.60	13.60	13.24	13.24	12.69	12.69
2	14.90	14.90	14.21	14.21	13.33	13.33
3	14.90	14.90	14.23	14.23	13.80	13.80
4	14.92	14.92	14.60	14.60	14.38	14.38

Flomsonekartet i Figur 5-9 viser at det allerede ved middelflom er noe flomproblematikk langs Mobekken. Dette stemmer godt med uttalelser fra grunneiere, som oppgir at de har flomproblematikk annethvert år. Grunneierne melder også om økende problemer knyttet til flom på grunn av mer ekstrem nedbør og hyppigere tine- og fryseprosesser igjennom vinteren.

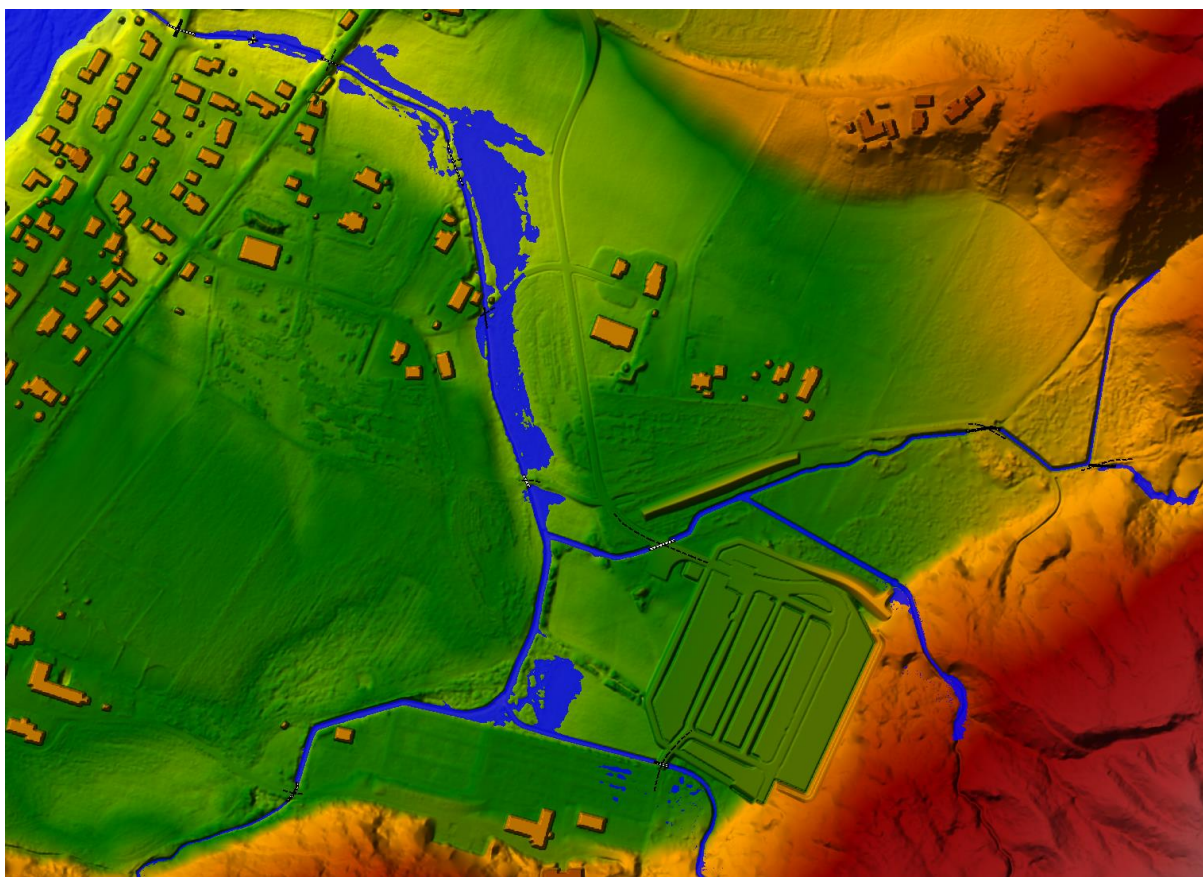
I tillegg er det rapportert at grunnvannet står høyt og at man mest sannsynlig har oppkom av grunnvann i lavbrekk i terrenget i flomperioder. Dette fanges ikke opp av vannlinjemodellen, som kun modellerer overflatevann. Flomsletter og lavtliggende områder har ofte relativ høy normal grunnvannstand. Grunnvannstanden stiger når det kommer en periode med mye

nedbør eller snøsmelting. Dersom vannstanden i elven, der grunnvannet pleier å drenerer til, er høy i tillegg, blir vannet stående på bakken fordi det har ikke et sted å drenerer til. For nærmere beskrivelse av hydrogeologiske forhold se dok.nr. 10221659-ST-57003.

Ved å utbedre bekkene i forbindelse med bygging av Orkdal stasjon vil flomsituasjonen rundt stasjonsområdet og landbruksområdene nordvest for tomten forbedres, og gi mindre oversvømmelse av landbruksmark, se Figur 5-10. For bebyggelse, landbruksmark og veier langs Mobekken, nedstrøms stasjonsområdet, viser resultatene fra vannlinjemodellen at flomsituasjonen forblir den samme som i dag, også etter utbygging. Vannlinjeberegningen viser at etablering av stasjonstomt med tilhørende infrastruktur ikke vil forverre flomforholdene langs Mobekken.



Figur 5-9 Flomsone ved middelflom dagens situasjon.



Figur 5-10 Flomsone middelflom etter utbygging av Orkdal stasjon.

6 Prosjekterte tiltak som skal utføres i forbindelse med etablering av Orkdal stasjon.

6.1 Omlegging av bekker

Bekkeomleggingen er tilpasset masteplasseringer, tomteplassering og veinett. Det er i forbindelse med detaljprosjekteringen vurdert to alternative bekkeomlegginger for bekken som kommer inn ovenfor stasjonen i nord-øst. I første omgang var det tenkt å etablere gjerdevei rundt hele stasjonen, og bekken var tenkt i grøft langs etter gjerdeveien. I løpet av detaljprosjekteringen er det valgt å avslutte gjerdeveien inn mot fjellet og det er valgt en løsning med en flomvoll/ledevoll og utspredning av noe berg for å lage ny bekkestrase. Dette tilsvarer alternativ 1 som er beskrevet i kap 2.2.

Det foreslås en omlegging av bekkene som vist i Figur 6-1 og Figur 6-2. Under befaringen ble framlagt løsning vurdert som beste løsning for bekkeomleggingen. Utførelsen av bekkeomleggingen er beskrevet kortfattet nedenfor og detaljert i miljøplanen for bekkerestaurering 10221659-ST-35004.

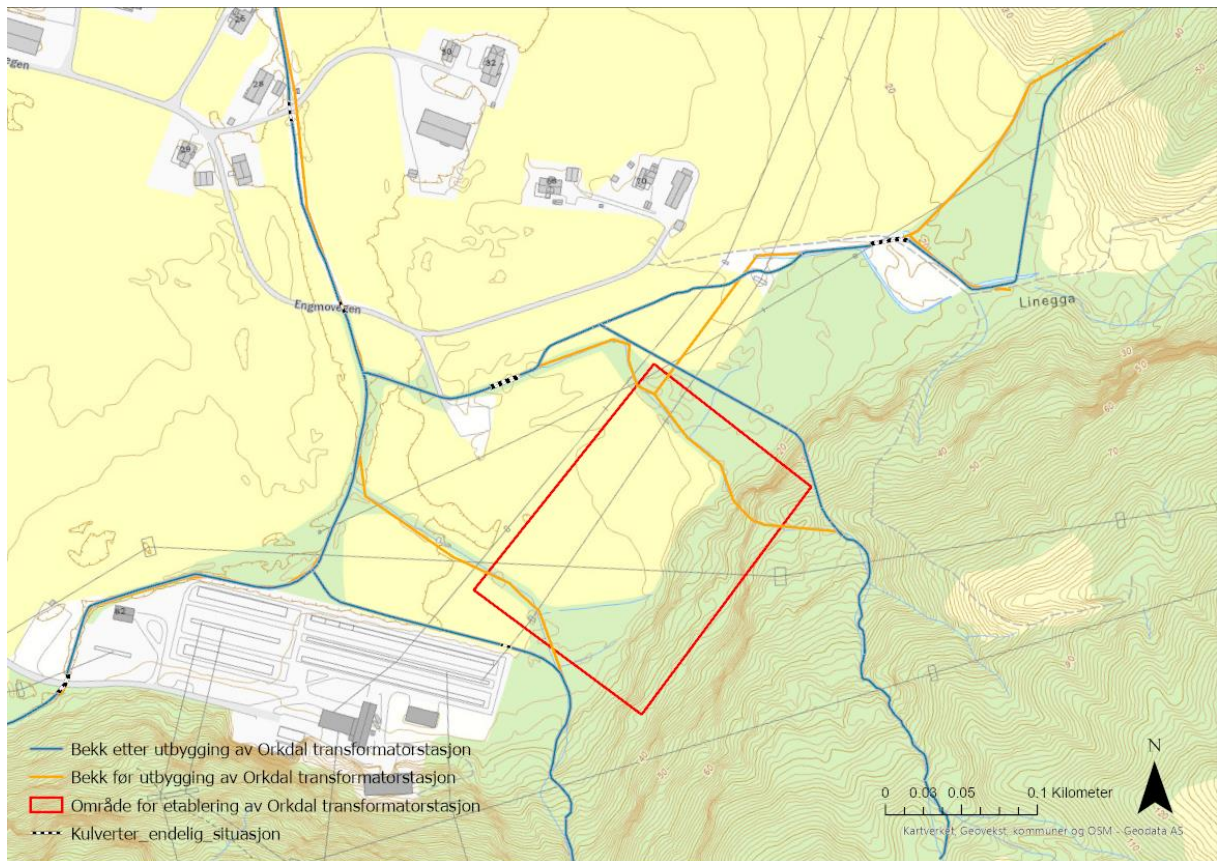
For endelig situasjon er flere bekker lagt om og eksisterende bekker er utbedret. Bekkestraseer er lagt inn med skråninger som tilfredsstillende geotekniske krav. Alle bekkeskråninger hvor det er løsmasser er 1:2,5. Dybde i bekkene varierer fra 1-1,2 meter, bredde i bunn bekk varierer med 1-1,5 meter.

Det er behov for en større bekkeomlegging på oversiden av stasjonen. Her må det etableres en flomvoll og sprenges ut et nytt bekkeløp. Planen er vist i tegning 10221659-SK-700019_Omlegging bekk over stasjon_02, og i Figur 6-3.

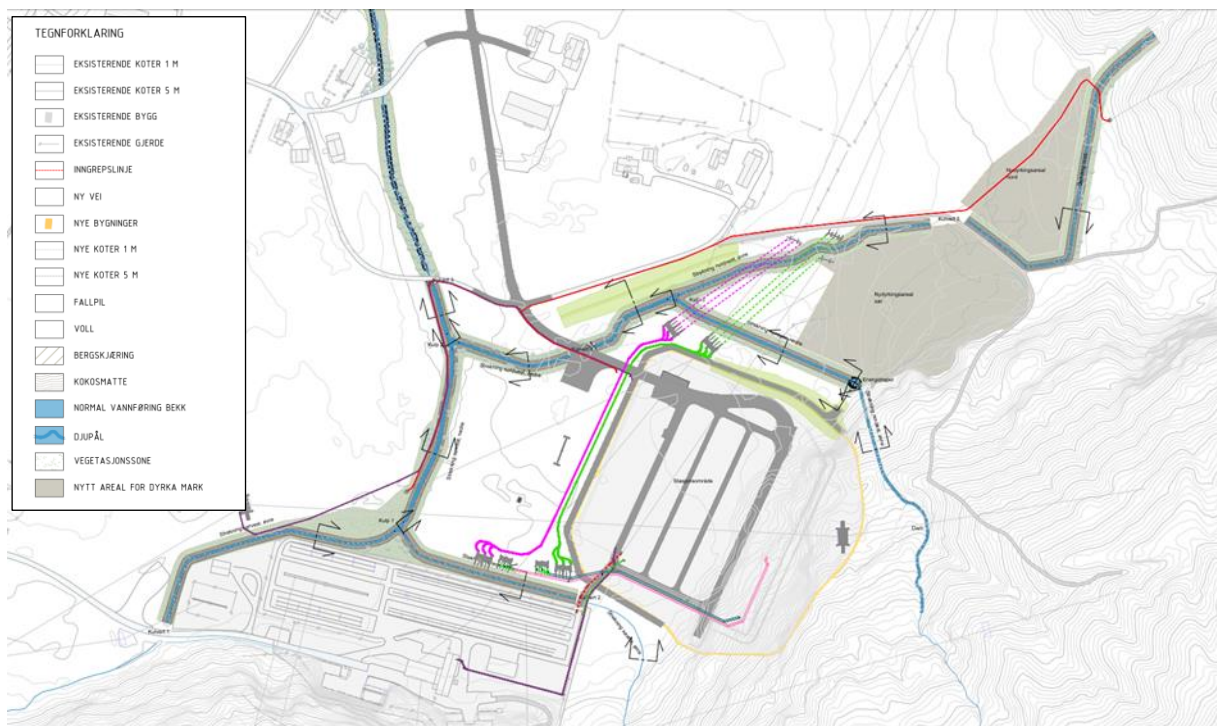
Det er også lagt inn nye kulverter som bedrer kapasiteten under veinettet slik at det ikke oppstår oppstuvning under flom. Prosjekterte løsninger for kulverter er beskrevet i 6.5.

Plantegning og snittegninger for bekkene er vist i følgende dokumenter:

- 10221659-SK-1005_Omlegging bekker 1
- 10221659-SK-1006_Omlegging bekker 2
- 10221659-SK-1012_Omlegging bekker 3
- 10221659-SK-1013_Omlegging bekker 4
- 10221659-SK-1014_Omlegging bekker 5
- 10221659-SK-1015_Omlegging bekker 6
- 10221659-SK-1016_Omlegging bekker 7
- 10221659-SK-1018_Omlegging bekker 8
- 10221659-SK-700019_Omlegging bekk over stasjon_02



Figur 6-1 Forslag til plan for bekkeomlegging.



Figur 6-2: Landskapsplan med omlagte bekker.

6.1.1 Miljørestaurering

Mobekken er i dag en bekk som er påvirket av landbruksdrift tett på bekkeløpet med påfølgende liten kantvegetasjon. Denne kantvegetasjonen blir også aktivt holdt nede etter sammenligning av flybilde de siste 10 årene. Per i dag er det ikke oppgang av anadrom laksefisk til Mobekken som følge av en tidligere flomsikring ved Blåsmoen. I denne flomsikringen ligger det i dag også en VA-trasé.

Det er behov for å restaurere hovedløpet til Mobekken med flere mindre sidebekker, og forene dette med den nye trafostasjonen og de nye dyrkingsområdene. Restaureringen skal ta sikte på å gjenskape økologiske funksjonsområder som er typiske for anadrome bekker. Restaureringsplanen for Mobekken er beskrevet i miljøplanen for bekkerestaurering 10221659-ST-35004

6.1.2 Tidspunkt og arbeidsomfang for omlegging av bekker

Fase 1 – Innledende arbeider

Rundt den nye og eksisterende trafostasjonen skal flere nye forgreininger av Mobekken etableres. Under innledende arbeider skal det legges kabler for 132 kV linjen og 66 kV linjen og nye master skal etableres. Slik situasjonen er i dag ligger bekkene gjennom eller for nærme nye mastepunkter og krysser kabeltraseen. Bekkene må derfor legges om før arbeidene med mastene og kablene kan settes i gang.

Det anbefales å gjennomføre arbeidet for fase 1 på vinteren, i en periode hvor det er lite vann i bekkene. Vannføringsstatistikk fra nærliggende målestasjoner viser at januar til medio mars typisk er måneder med lav vannføring. Alternativt kan arbeidet gjøres etter vårfloppen, når det statistisk sett er tørrere enn høstmånedene. Grunnvannstanden viser tydelig tegn på at den varierer i takt med nedbørshendelser og årstider, og det vil være fordelaktig å starte utgravingen i perioder der grunnvannstanden forventes å være lav (desember-januar, ev. juni-oktober). For nærmere beskrivelse av hydrogeologiske forhold se dok.nr. 10221659-ST-57003. Når hydrologiske og hydrogeologiske forhold sees samlet anbefales det å gjøre arbeidet for bekkeomleggingen i desember - medio mars, eller juni - september.

Som et generelt prinsipp skal bekkeløp påvirkes så lite som mulig dersom det ikke er behov for å utføre større inngrep eller omlegginger i traséene. Restaureringstiden er lang når vassdrag skal opparbeides på nytt, særlig med tanke på kantvegetasjon som ofte tar > 10 år for å revegeteres. Ved Mobekken skal det opparbeides flere nye strekninger med bekker, og eksisterende bekker får utvidede bekkeskråninger. Det blir derfor omfattende endringer i landskapet med lang restaureringstid.

Bekkeløpet skal utformes med et selvføll, følge terrengets naturlige helning og være tett (ikke drenere slik at bekkebunnen går tørr). For anleggsutførelse av bekkekonstruksjon vises det til følgende veiledere:

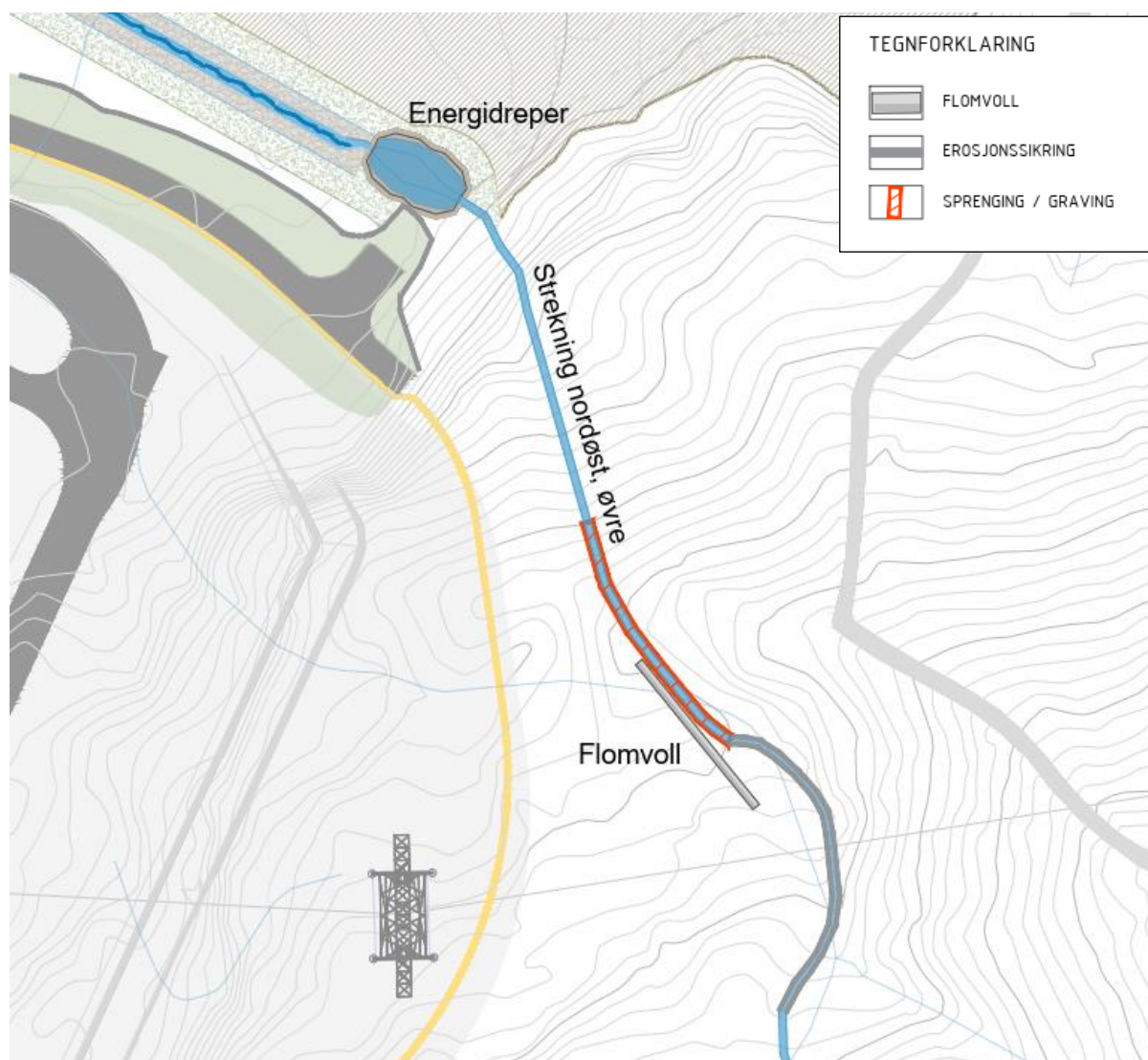
- Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. NORCE LFI rapport 296.
- NVE (2021) Sikringshåndboka. Tilgjengelig fra: <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f0-101-miljotilpassing-av-sikring-i-vassdrag/modul-f0-101-miljotilpassing-av-sikring-i-vassdrag-sma-vassdrag/>

Ved utgravning av de nye bekketraseene skal gravearbeidet starte nedenifra, for så å jobbe seg oppover. Se tegningsnummer 10221659-ST-20003 for graveplan for bekkeomlegging. Opparbeidelse av bunnsstrat og øvrig bekkeutforming (kantvegetasjon, stein o.l.) må starte ovenfra, for så å jobbe seg nedstrøms. Dersom man starter med å utforme innholdet i

bekken nedenfra, står man i fare for at store deler av bunnsstratet sedimenteres og slammes ned når man jobber seg oppover bekken.

Fase 2 – Grunnarbeider

Med unntak av bekken som kommer ned nordøst for stasjonen, skal øvrige bekker legges om i fase 1, som vist i Figur 6-4 . Omleggingen av øvre del av bekken i nordøst må gjøres i forbindelse med grunnarbeidet og bygging av vollen under gjerdeveien. Det kan ikke slippes på vann i nytt bekkeløp før vollen under gjerdeveien er etablert og erosjonssikret. I forbindelse med dette arbeidet må det etableres en flomvoll, pigges ut nytt bekkeløp og etableres en energidreper på flaten hvor bekken kommer ned fra fjellet. Flomvollen, strekning med behov for sprengning/pigging er vist i Figur 6-3.

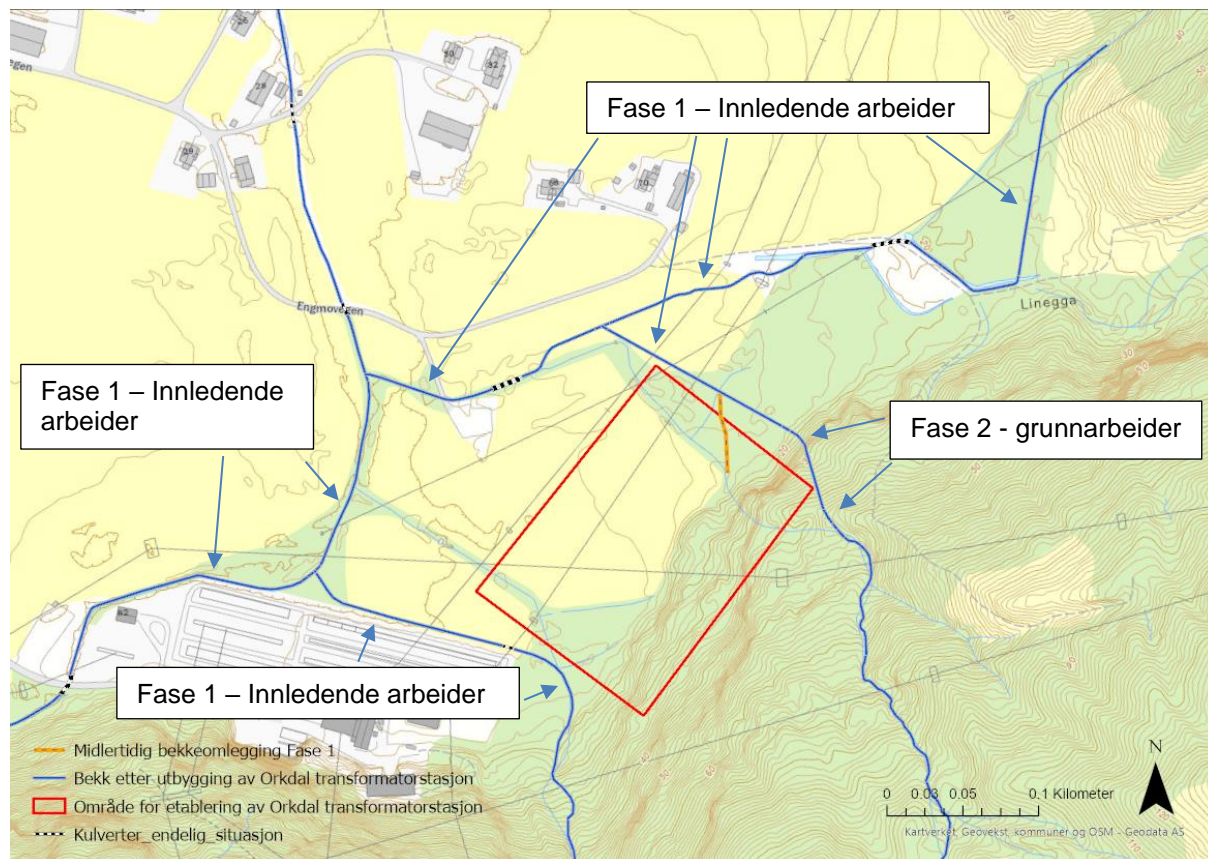


Figur 6-3 Plantegning omlegging av bekk over stasjon med etablering av flomvoll, ny bekketrasse og energidreper. Tegningsnummer: 10221659-SK-700019_Omlegging bekk over stasjon_02

Nede på flata, nord for stasjonstomten, vil bekken kobles sammen med bekkeomleggingen som ble gjort i fase 1. Det vil være behov for et kort strekke med midlertidig omlegging av bekken, som vist i Figur 6-4. Den midlertidige omleggingen må tilpasses arbeidene som skal utføres, herunder grunnarbeider geoteknikk, etablering av voll/vei, master og kabeltraseer.

Det anbefales å grave bekken nedenfra og opp, slik at man kan jobbe tørt. Etablering av ny bekk bør derfor gjøres i tidlig fase av grunnarbeidene, sammen med veibygging og etablering av vollen.

Nærmere beskrivelse av omlegging av bekkene og utformingen av disse gis i miljøplanen for bekkerestaurering 10221659-ST-35004 og tilhørende tegninger.



Figur 6-4 Omlegging av bekker – tidspunkt for gjennomføring

6.2 Erosjonssikring

6.2.1 Sikring av sidekanter

I mindre vassdrag i områder med lite fall kan erosjon reduseres betydelig med relativt enkle tiltak siden vannhastigheten og derved erosjonskreftene er små. Vannhastighetene ved dimensjonerende flom i bekkene rundt Orkdal stasjon er vist i Figur 5-7. For mange av bekkestrekningene er hastighetene lave (< 1 m/s), mens enkelte punkter som kulvertinnløp/-utløp og i brattere terreng er hastighetene høyere og trenger mer sikring. Det er tilpasset ulike løsninger for erosjonssikring av bekkene, og anbefalte løsninger er beskrevet nedenfor og vist i kart i Figur 6-8.

Tiltakene som beskrives nedenfor vil hver for seg eller i kombinasjon mange steder gi tilstrekkelig sikring mot erosjon med begrensede inngrep i vassdraget. Dette gjør det også mulig å la kantvegetasjonen bestå slik at vannressurslovens krav om opprettholdelse av et begrenset vegetasjonsbelte oppfylles. Fisk er en annen viktig faktor som må ivaretas ved erosjonssikring av bekkeløp.

Vegetasjonen langs sakteflytende vassdrag er vanligvis tilstrekkelig for å hindre erosjon i bekkeskråningene. Gresset fungerer som erosjonshud slik at en unngår at fine jordpartikler eroderer. Busker og trær bidrar til å redusere vannhastigheten samtidig som røttene virker som armering av jorda. I tillegg øker busker og trær permeabiliteten slik at overflateavrenning fra jordene går i bakken. Dette reduserer faren for at overflateavrenningen danner sår i bekkeskråningen som i neste omgang blir angrepspunkt for erosjon fra bekken.

Ved reetablering av vegetasjon bør det etableres tiltak som hindrer ny erosjon. Her kan kokosmatter eller annen nedbrytbar matte brukes for å hindre erosjon inntil naturlig vegetasjon er etablert, se Figur 6-5. Stiklinger av trær kan plantes gjennom mattene mens busker, urter og gress vokser på/gjennom erosjonssikringen. Med bakgrunn i vannlinjeberegninger foreslås det å benytte kokosmatter i de områdene hvor bekkene har lav hastighet.



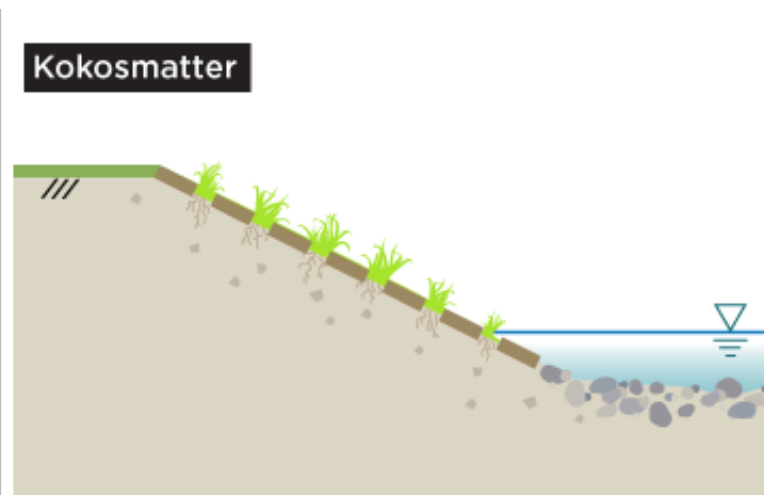
Figur 6-5 Vier planta i kokosmatter på ny erosjonssikring, (NVE, 2023).

Det vil være nødvendig å steinsette de mest erosjonsutsatte punktene i bekkeløpet opp til breddekant. Bunnen vil bli mer stabil og vegetasjonsbelte stabiliseres. Steinlaget bør være 20 til 30 cm tykt og bestå av grus og pukkk (30 til 100 mm). Brukes det for stor stein, vil vannet grave ut jordmassene mellom steinene som etter en tid blir undergravd. For å unngå dette, kan et filterlag mellom naturlig grunn og sikringen være nødvendig. Er det ørret i bekken, bør det brukes naturstein og gjerne iblandet noe større stein på strekninger med litt økt vannhastighet. Dette vil i større grad ivareta fiskens habitatkrav.

Nedenfor (Figur 6-6 og Figur 6-7) er typiske snitt for bruk av kokosmatter og ordna steinlag illustrert (NVE, 2023).

Belastningsnivå 1:

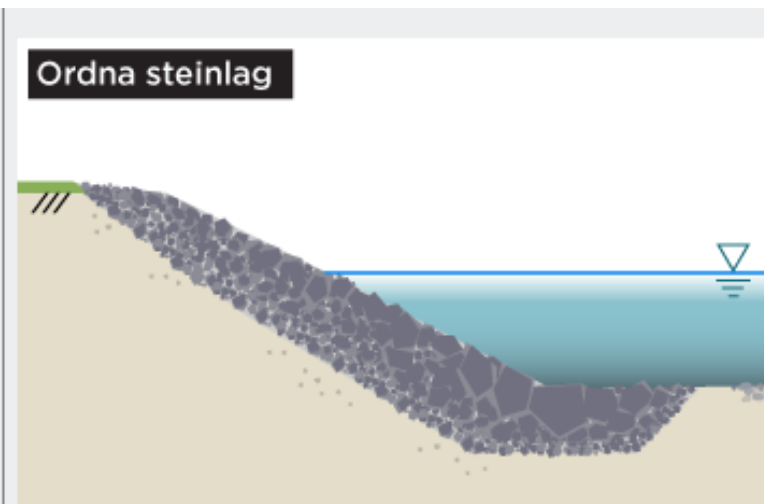
- $v < 1$ m/s. Liten belastning fra is, drivgods og massetransport.



Figur 6-6 Tverrsnitt bruk av kokosmatter i sidekant, (NVE, 2023).

Belastningsnivå 2:

- $v = 1-3$ m/s. Liten til moderat belastning fra is/drivgods.
- $v = 1-2$ m/s. Stor belastning fra is/drivgods.



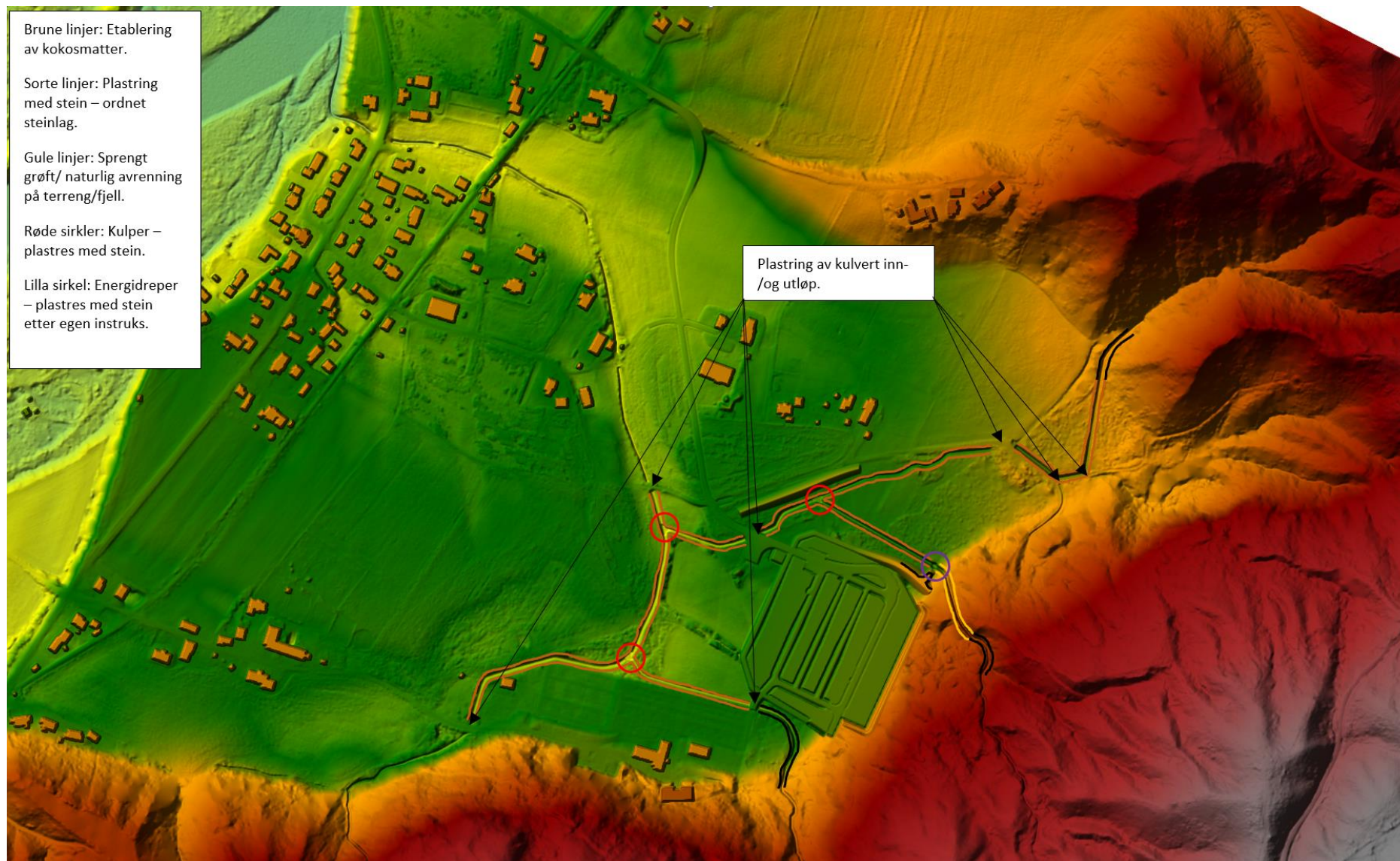
Figur 6-7 Tverrsnitt bruk av ordna steinlag i sidekant, (NVE, 2023).

Det er gjort en vurdering av mildere vannhastighet for strekningene som trenger plastring med stein. Mildere hastighet er beregnet til 2,75 m/s og benyttes for alle områder. Stabil steinstørrelse, D_{50} 350 mm. Tykkelse av erosjonssikringslag 650 mm.

Det etableres filterduk klasse 3 i underkant av plastring og duken må være så sterk at den ikke blir skadet av anleggstrafikk eller når sikringen plasseres. Duken må være bestandig mot nedbrytning slik at den beholder sin funksjon i hele prosjektets levetid.

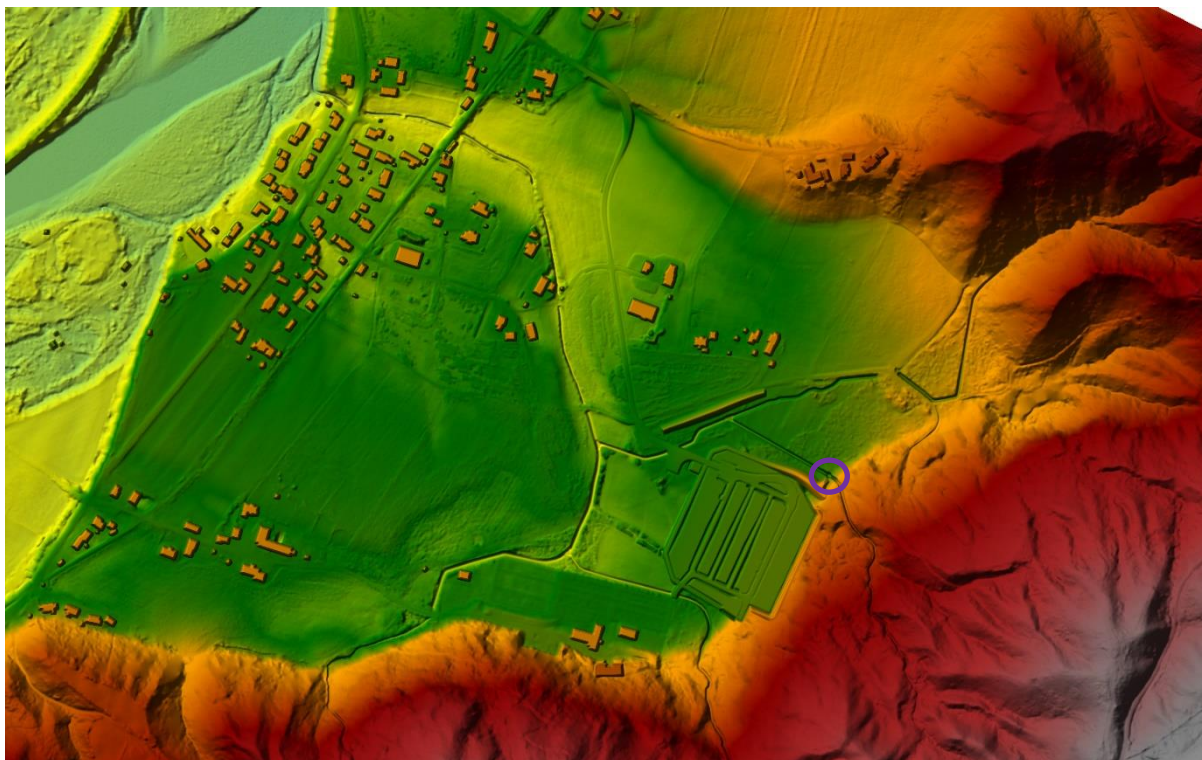
Gjentetting (clogging) av duken kan være et problem. Man bør derfor velge geotekstil med stor poreåpning, høy hastighetsindeks, høyt porevolum og stor andel åpent areal, gitt at kravene til filteregenskaper og styrke er oppfylt. Underlaget må være jevnt uten huller eller utstikkende stein, slik at det blir god kontakt mellom geotekstil og underlag, uten at duken blir skadet.

Plassering og utstrekning av erosjonssikring av sidekanter, kulper, kulvert inn-/og utløp og energidreper er vist i Figur 6-8. Det henvises også til RIVAs tegninger (10221659-SK-55012 og 10221659-SK-55013) for prinsipper og beskrivelse, samt avsnitt detaljer grøftesnitt for nyetablering av kulverter.



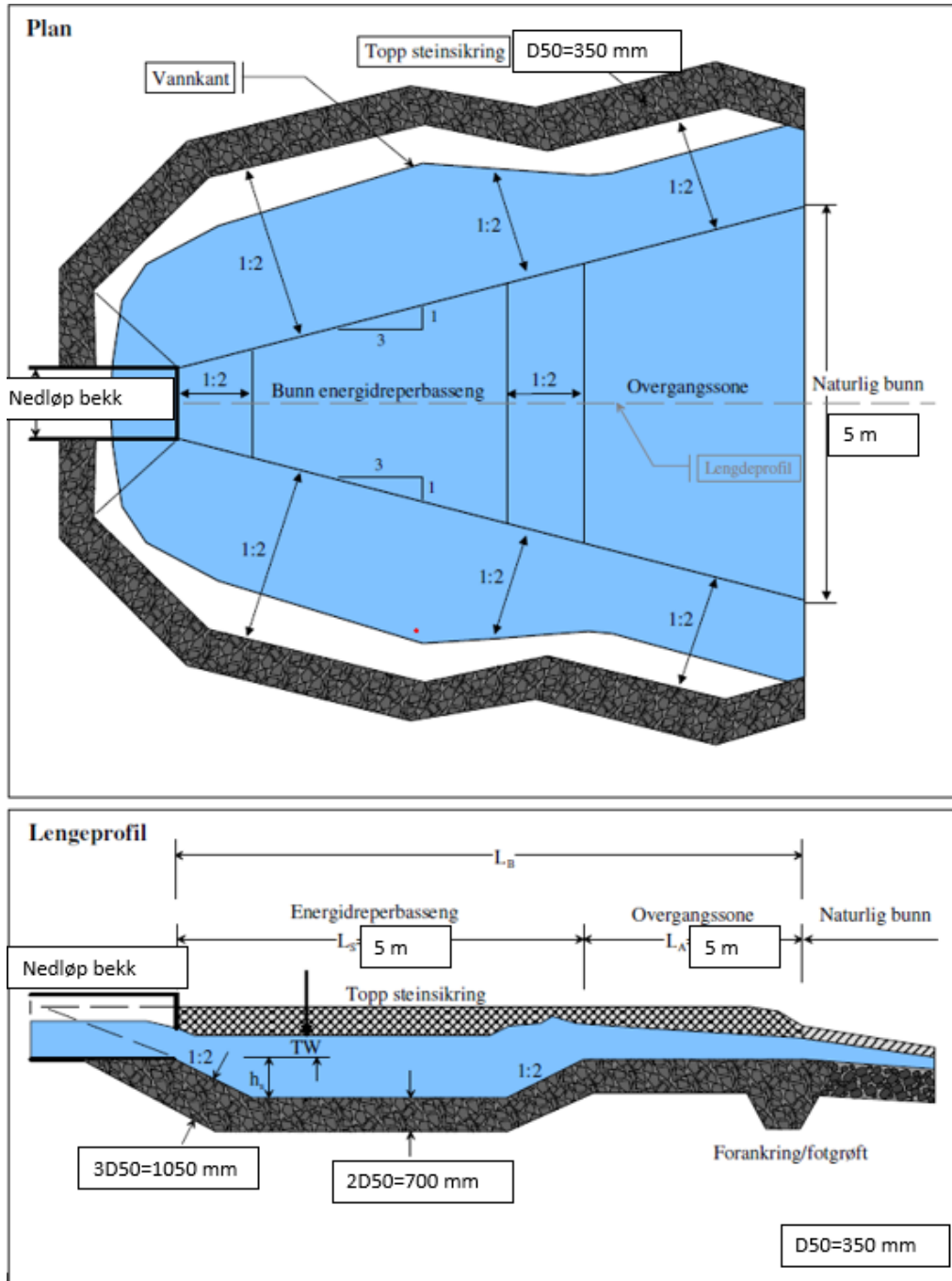
Figur 6-8 Plassering og utstrekning av erosjonssikring av sidekanter, kulper, kulvertinnløp og -utløp og energidreper.

6.2.2 Detaljer energidreper



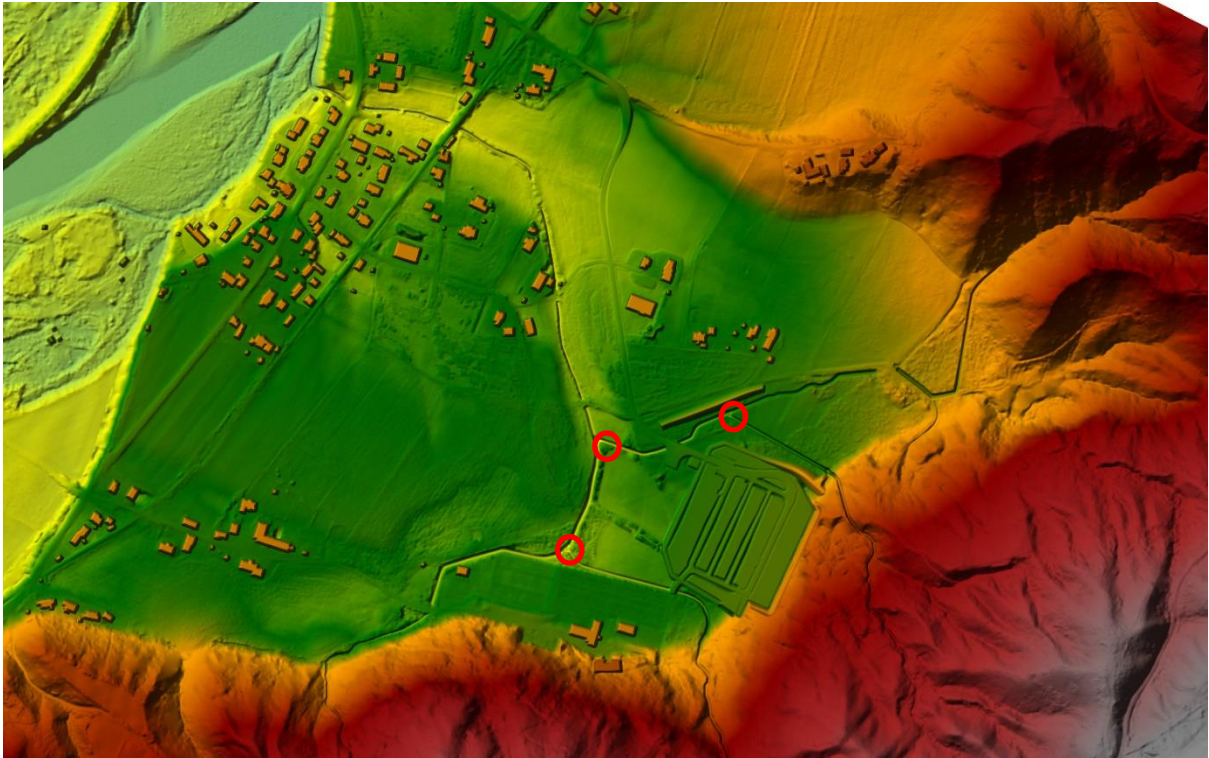
Figur 6-9 Plassering av planlagt energidreper vist med lilla sirkel.

Da det er beregnet store hastigheter for bekken som legges om oppstrøms ny trafostasjon er det besluttet å etablere en naturlig energidreper i form av et energidreperbasseng like etter bekken kommer ned på dyrket mark. Bassengets lengde er beregnet til 5 meter med en overgangssone på 5 meter, bredde 5 meter og dybden i bassengsonen 1- 1,5 meter. Dybden må sees i sammenheng med endelig nedløp av bekk og høyde ved kulp nedstrøms. Prinsipp rundt oppbygging av basseng, samt steinstørrelser i tilknytting til energidreper er vist i Figur 6-10. Tegning for utforming av energidreper er vist i tegning 10221659-SK-70015_Omlegging bekker 6.



Figur 6-10 Prinsipp plan og profil energidreper, kilde NVE.

6.2.3 Detaljer kulper

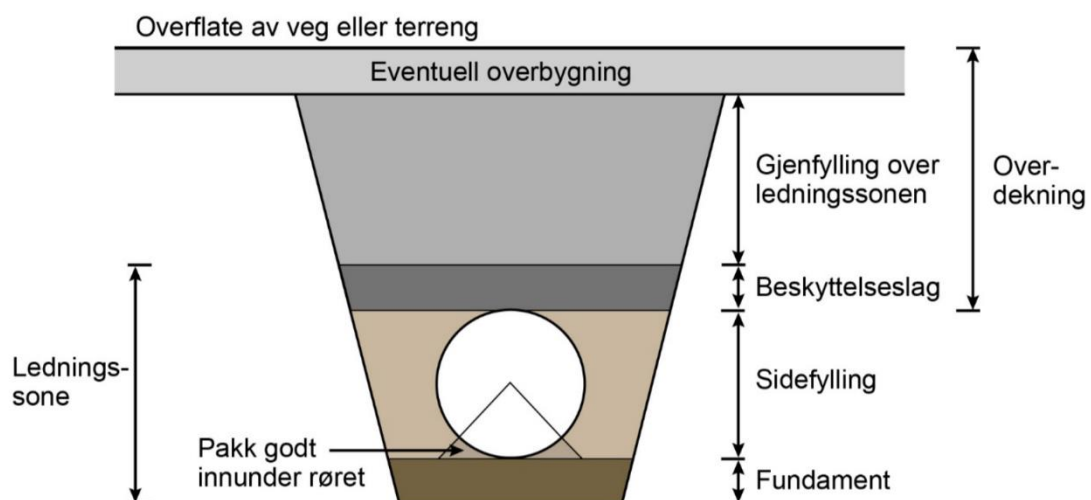


Figur 6-11 Plassering av planlagte kulper vist med røde sirkler.

Det legges ingen spesifikke føringer til utforming av kulpene sett opp mot et hydraulisk perspektiv. Hastighetene er forholdsvis lave, 0,1- 0,5 m/s. Dog legges det krav til plastring av skråningsutfallet mot bunn kulp: det skal etableres et stabilisasjonsbelte av grus/steinmasser i fraksjon 90/130 mm.

6.3 Nyetablering av kulverter

Ved fundamentering av rør i fylling ved breddeutvidelse eller ved flytting av veg utføres arbeidet slik at det ikke oppstår deformasjoner som kan skade rørene. I Figur 6-12 er soneinndeling av grøftesnittet illustrert.



Figur 6-12 Soneinndeling av grøftetversnittet (Statens Vegvesen, 2022)

Tabell 11 viser krav til tykkelser av fundament for rørledninger. For rørdimensjon større enn 1200 mm og bløt grunn, bør tykkelse av fundamentet være ≥ 50 cm. Fylling under kulvert bør bestå av stein, eventuelt grusmaterialer, som legges ut og komprimeres lagvis.

Tabell 11 Krav benyttet til tykkelser, materialvalg og utførelse av fundament for rørledninger (Statens Vegvesen, 2022)

Fundament og materialer	Grunnforhold		
	Meget fast grunn Berg, stein Betong Meget fast og hard morene el. leire	Fast grunn Grus/sand Fast og tørr leire Jevne grunnforhold	Bløt grunn Torv Bløt silt, leire Masser som lett bløtes opp Ujevne grunnforhold
Gjelder for alle rørmaterialer			
Fundamenttykkelse v/rørdiameter DN < 400 mm DN = 400-1200 mm DN > 1200 mm	≥ 200 mm **) ≥ 300 mm **) ≥ 400 mm **) **) Bør vurderes avhengig av bl.a. fyllings-høyde og tilgjengelige fundamentmasser	≥ 150 mm *) ≥ 200 mm *) ≥ 250 mm *) *) Dersom stedlige masser tilfredsstillende kravene til maks. kornstørrelse kan fundamenttykkelsen reduseres til 150 mm	Ved masseutskifting med ≥ 500 mm friksjonsmasser kan disse massene utgjøre fundamentet dersom de øverste 200 mm fyller vanlige krav til fundament. Ved stabilisering, støpt bunnforsterkning eller lignende, skal fundamentet være som for «Meget fast grunn»
Massetyper i fundament, øvre siktstørrelse ¹⁾		Velgradert	Ensgradert
	Betongrør	DN < 400 mm: Maks. 32 mm	Maks. 22 mm
	Betongrør	DN \geq 400 mm: Maks. 63 mm	Maks. 32 mm
	Plastrør	DN \leq 300 mm: Maks. 22 mm	Maks. 22 mm
	Plastrør	DN > 300 mm: Maks. 32 mm	Maks. 32 mm
	Stålrør	Alle diametre: Maks. 32 mm	Maks. 22 mm

¹⁾ Massene bør ikke være vannømfintlige, og vurderes iht. krav til frostsikring.

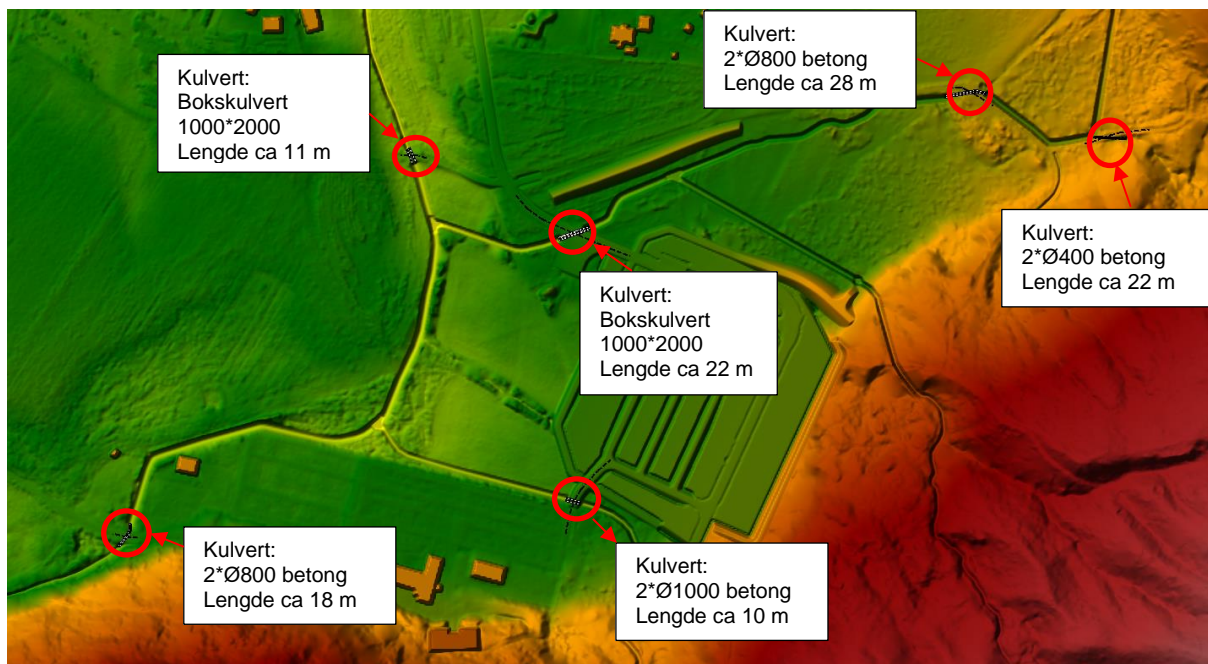
For krav til minimum arbeidsbredde i grøft iht. Håndbok N200 Vegbygging, se Tabell 12. For rørdiameter > 1000 mm skal arbeidsbredde på hver side av røret være 0,75 m.

Tabell 12 Minimum arbeidsbredde i grøft (N200, SVV).

Rørdiameter, utvendig (mm)	Arbeidsbredde på hver side av røret (mm)
≤ 400	150
401-600	250
601-800	400
801-1000	500
> 1000	750

Videre er det gjort en vurdering av steinstørrelser for alle kulverter basert på noe konservative vannføringer, gjennomsnittlig fall og kulvertdiameter. Beregnet steinstørrelse er satt til 120 mm. Bunn inn- og utløp etableres med steinlag 250 mm i tykkelse 25-30 cm ca. 1,5- 2 meter fra innløp og utløp kulvert.

Plassering av kulverter, kulvertdimensjoner, antall og lengde er vist i Figur 6-13.



Figur 6-13 Kulvertplasseringer, kulvertdimensjoner og antall og lengde.

7 Mulige tiltak for å bedre flomforholdene langs Mobekken

Flomsoneutredningen viser at det allerede ved middelflom er noe flomproblematikk langs Mobekken. Dette stemmer godt med uttalelser fra grunneiere, som oppgir at de har flomproblematikk annethvert år. Grunneierne melder også om økende problemer knyttet til flom på grunn av mer ekstrem nedbør og hyppigere tine- og fryseprosesser igjennom vinteren. For bebyggelse, landbruksmark og veier langs Mobekken, nedstrøms stasjonsområdet, viser resultatene fra vannlinjemodellen at flomsituasjonen forblir den samme som i dag, også etter utbygging. Vannlinjeberegningen viser at etablering av stasjonstomt med tilhørende infrastruktur ikke vil forverre flomforholdene langs Mobekken.

Siden det er registrert hyppig flomproblematikk langs Mobekken i dag er det i tillegg gjort en vurdering av mulige tiltak som kan bedre flomforholdene i Mobekken nedstrøms stasjonen. Tiltakene er ikke en del av detaljprosjekteringen, men det er på forespørsel av byggherre foretatt en overordnet vurdering av mulige utbedringstiltak.

Ved mindre flomstørrelser vil en opprensing av grøfter, fjerning/oppdimensjonering av kulverter i Mobekken nedstrøms Engmoveien gi bedre flomavledningskapasitet i bekken.

For å bedre flomforholdene ved større flomhendelser må kapasiteten under Thamshavnbanen og Blåsmoveien økes. Dette kan gjøres ved graving eller med gravefrie metoder (eks, rørpressing/styrt boring). Kapasiteten under Thamshavnbanen og Blåsmoveien er et begrensende snitt under større flomhendelser, og økt kulvertkapasitet vil redusere flomfaren for bebyggelse og jordbruksareal langs Mobekken betydelig. Det er allikevel forhold som bør vurderes dersom økt kulvertkapasitet under Thamshavnbanen og Blåsmoveien skal gjennomføres:

- Vurdere forholdet til flomvern fra Orkla ved eventuell utvidelse av kapasitet rundt Thamshavnbanen og Blåsmoveien.
- Sjekkes opp mot vernet av Thamshavnbanen
- Pris og gjennomførbarhet på graving vs. gravefri metode for etablering av nye kulverter.
- Fiskevandring – sees i sammenheng med restaureringsplanen.

Dersom det utføres tiltak under Thamshavnbanen og Blåsmoveien kan prosjekterte kulverter ved Orkdal stasjon reduseres noe i størrelse, siden disse kulvertene tar høyde for oppstuvning under flom.

8 Usikkerhet

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til flomfarevurderinger av denne type. Usikkerhetene er primært knyttet til følgende elementer:

- Flomberegninger
- Kulvertkapasitet, tilgjengelig og forsvarlig oppstuvningshøyde
- Terrengdata benyttet i hydraulisk modellen
- Usikkerhet i vannlinjeberegninger

Flomberegninger:

Det finnes ikke observasjoner av vannføringsdata i eller nært vassdraget, men det foreligger det gode flomdata i representative felt. Samtidig er det en relativt stor gradient mellom spesifikke flomstørrelser blant stasjonene som er tatt med i flomfrekvensanalysen. Met klassifiserer også sine nedbørsdata som relativt sparsomt datagrunnlag, og at verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat. Samlet vurderes usikkerheten i flomberegningene å være i klasse 4 (av 5, 1 er best). Klasse 4 er begrenset hydrologisk datagrunnlag (NVE, 2022).

Datagrunnlag:

Datagrunnlaget for vassdragene nedenfor tregrensen betraktes som gode, mens det er større usikkerhet ovenfor tregrensen. Dog betraktes datagrunnlag for vassdragene som middels til godt da det er anvendt filtret laserdata i tillegg til innmålinger.

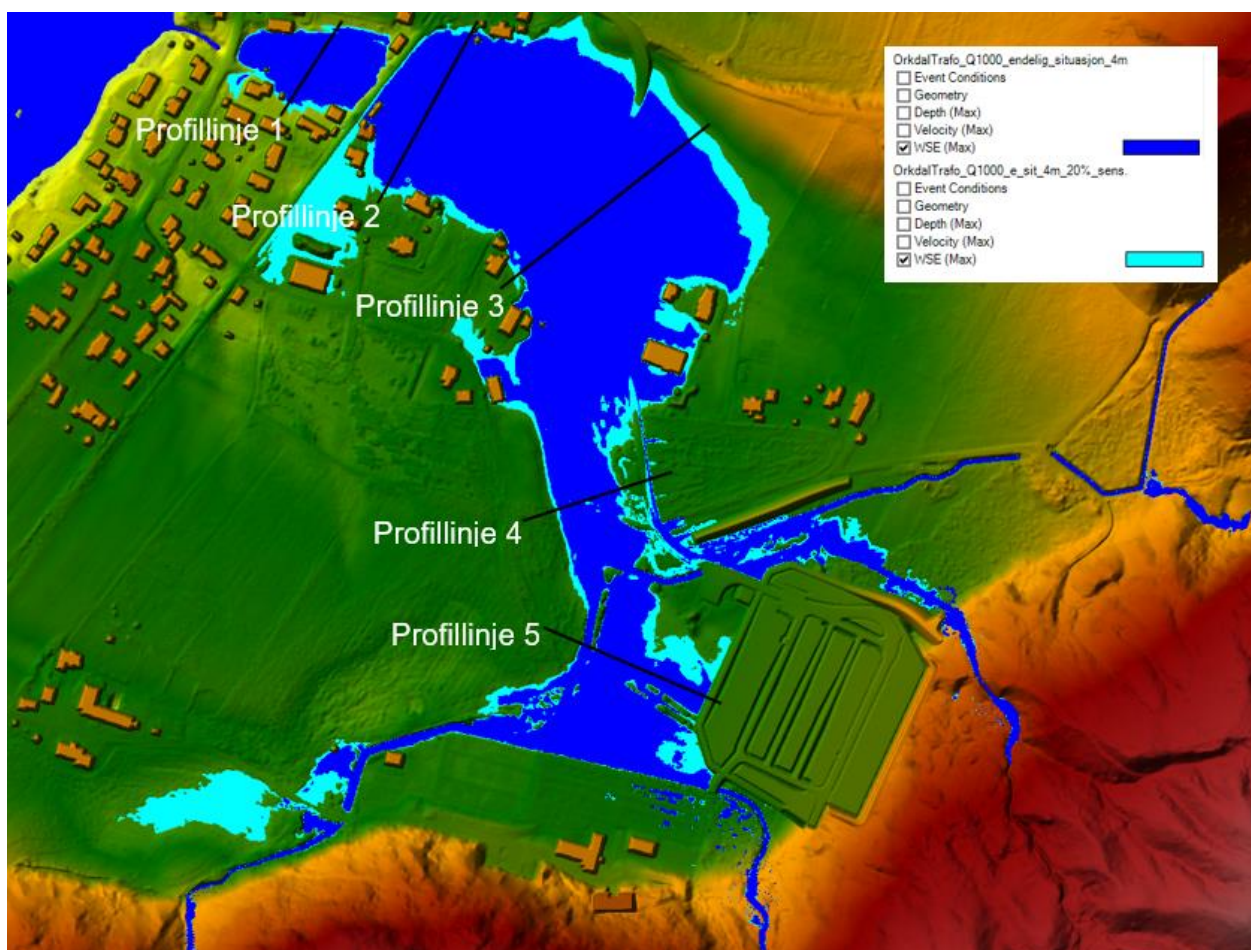
Vannlinjeberegninger:

Viktige faktorer som påvirker usikkerheten av vannlinjeberegninger er nøyaktighet i terrengdataen, usikkerhet i estimat av ruhet og helning på elva. Det ligger usikkerhet knyttet til manglende kalibreringsdata, mens gode grunnlagsdata eksempelvis innmålinger, laserdata og ruhet styrker modellens nøyaktighet.

Det er gjennomført en sensitivitetsanalyse ved å øke dimensjonerende vannføring 20%. Dette er iht. anbefalinger i *Regelverk og praksis i flomberegninger* (NVE, 2022)

Tabell 13: Beregnede kulminasjonsverdier som er benyttet i analysen, samt verdier for sensitivitetsanalysen.

Nedbørfelt	Feltareal, km ²	Q ₂₀₀ + 40% klimapåslag (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ + 40% klimapåslag (m ³ /s)	Q ₁₀₀₀ + 40% klimapåslag + 20% økt vannføring (m ³ /s)
Nedbørfelt 1	0.24	0.77	0.78	0.94
Nedbørfelt 2	0.47	1.46	1.68	2.02
Nedbørfelt 3	0.91	2.68	2.99	3.59
Nedbørfelt 4	0.42	1.31	1.50	1.81
Nedbørfelt 5	2.6	6.26	6.69	8.03



Figur 8-1 Vanndekt areal under Q1000 etter utbygging av Orkdal stasjon, samt Q1000 + 20% økt vannføring.

For å kunne kalibrere en modell, må det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring i det aktuelle vassdraget. Dette finnes ikke for vassdragene ved Orkdal trafostasjon. Uten kalibrering, vil det være usikkerhet knyttet til benyttede flomverdier og ruhetsverdier i den hydrauliske modellen. Det er derfor foretatt en følsomhetsanalyse, der vannføringen i modellen er økt med 20 %.

Følsomhetsanalysen er utført for planlagt situasjonen med fremtidig terreng. Resultatene for beregnet flomvannstand er gitt i Tabell 14 , og viser at sensitivitetsanalysen gir utslag på beregnet vannstand på mellom 15 og 30 cm for de aller fleste tverrsnittene.

Da det er kulvertene under Thamshavnbanen og Blåsmoveien som er flaskehalsen for Mobekken er det dette som er kritiske punkt for Orkdal trafostasjon. Dette er en usikkerhet som må hensyntas, og det er derfor valgt å legge til en sikkerhetsmargin på beregnet vannlinje på 40 cm. Dette følger anbefalingene fra NVEs veileder for flomberegninger (NVE, 2022).

Tabell 14: Vannstander ved utvalgte profillinjer (Figur 8-1) etter utbygging av Orkdal stasjon ved Q1000 og Q1000 med 20% økt vannføring.

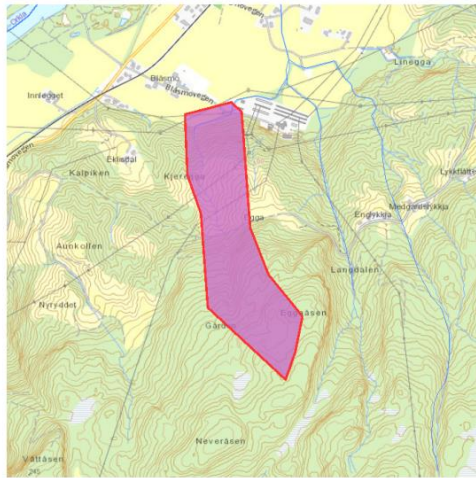
Profillinje	Vannstand Q1000 inkl. klimapåslag	Vannstand Q1000 inkl. klimapåslag og 20% økt vannføring
1	13.60	13.77
2	14.90	15.22
3	14.90	15.22
4	14.92	15.23
5	15.13	15.26

9 Bibliografi

- Chow, V. T. (1959) Open-channel hydraulics. McGraw-Hill Book Company, Inc; New York.
- Førland, A. V. (2019). *Klimapåslag for korttidsnedbør. anbefalte verdier for Norge*. NCCS report no. 5/2019.
- Lawrence, D. (2016). *Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Rapport nr 81-2016*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Modul F1.201: *Erosjonssikring i bekker og kanaler i jordbrukslandskap*. (2023, 3 17). Retrieved from NVE Sikringshåndboka: <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f1-201-erosjonssikring-i-bekker-og-kanaler-i-jordbrukslandskap/>
- NGI. (2020). *Orkdal transformatorstasjon, Innledende vurderinger av naturfare og forurenset grunn*. Norsk klimaservicesenter. (2022, 04). *Klimaprofil Sør-Trøndelag*. Retrieved from Klimaprofil Sør-Trøndelag: <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/sor-trondelag>
- NVE. (2005). *Flomsonekart Delprosjekt Orkdal*.
- NVE. (2005). *Flomsonekart delprosjekt Orkla, rapport 15/2005*. Oslo: NVE.
- NVE. (2022). *NVE Veileder nr. 3/2022. Sikkerhet mot flom: utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- NVE. (2022). *Regelverk og praksis i flomberegninger*.
- NVE. (2022). *Veileder for flomberegninger nr. 1/2022*. Retrieved from https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf
- NVE. (2023, 03 10). *Sikringshåndboka*. Retrieved from [sikringshandboka.nve.no: https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f2-001-beregning-og-valg-av-steinstorrelse-i-erosjonssikringer/tabell-1-sikringstiltak-som-funksjon-av-belastning/](https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f2-001-beregning-og-valg-av-steinstorrelse-i-erosjonssikringer/tabell-1-sikringstiltak-som-funksjon-av-belastning/)
- Rambøll. (2015). *Vurdering av flomforhold - Orkdal transformatorstasjon*.
- Statens vegvesen. (2020). *Vannhåndtering - flomberegninger og hydraulisk dimensjonering. Håndbok V240*. Statens vegvesen.
- Statens Vegvesen. (2022, 11 01). *N200 Vegbygging*. Retrieved from https://store.vegnorm.vegvesen.no/n200_2022
- Sweco. (2022). *Tilleggsutredning for alternativ tomteplassering – vurdering fra prosjekterende. Tabell 1: Sikringstiltak som funksjon av belastning*. (2023, Mars 17). Retrieved from NVE Sikringshåndboka : <https://sikringshandboka.nve.no/moduler/modul-f2-001-beregning-og-valg-av-steinstorrelse-i-erosjonssikringer/tabell-1-sikringstiltak-som-funksjon-av-belastning/>
- Tharan Fergus, K. A. (2010). *Vassdragshåndboka*. Trondheim: Tapir forlag.

Vedlegg 1 Nedbørfeltparametere fra Nevina

Nedbørfelt 1



Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregning punkt: 239024 E
7023607 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 121.A221
Kommune.: Orkland
Fylke.: Trøndelag
Vassdrag.: Orkla

Feltparametere

Areal (A)	0.2 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	0.2 km
Elvegradient (E _G)	111.8 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	49.4 m/km
Helning	16.2 °
Dreneringstetthet (D _T)	0.9 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	1 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	19.1 %
Myr (A _{MYR})	0 %
Leire (A _{LEIRE})	46.1 %
Skog (A _{SKOG})	79.5 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snau fjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.5 %

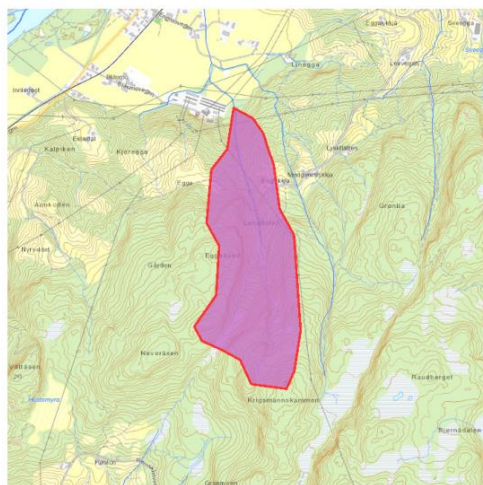
Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	16 m
Høyde ₁₀	55 m
Høyde ₂₀	92 m
Høyde ₃₀	112 m
Høyde ₄₀	133 m
Høyde ₅₀	170 m
Høyde ₆₀	205 m
Høyde ₇₀	225 m
Høyde ₈₀	244 m
Høyde ₉₀	258 m
Høyde _{MAX}	278 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	20.7 l/s*km ²
Sommernedbør	381 mm
Vinternedbør	583 mm
Årstemperatur	3.7 °C
Sommertemperatur	10.8 °C
Vintertemperatur	-1.1 °C

Nedbørfelt 2



Norges vassdrags- og energidirektorat

NVE

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregning punkt: 239358 E
7023556 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 121.A221
Kommune.: Orkland
Fylke.: Trøndelag
Vassdrag.: Orkla

Feltparametere

Areal (A)	0.4 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	0.6 km
Elvegradient (E _G)	227.3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	217.8 m/km
Helning	18.8 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.5 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	1.4 km

Arealklasse

Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	1.6 %
Myr (A _{MYR})	0 %
Leire (A _{LEIRE})	21.6 %
Skog (A _{SKOG})	97.7 %
Sjø (A _{SJO})	0 %
Snau fjell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	0.6 %

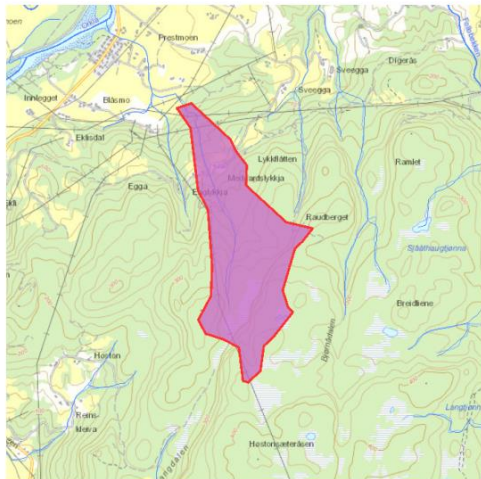
Hypsografisk kurve

Høyde _{MIN}	28 m
Høyde ₁₀	112 m
Høyde ₂₀	143 m
Høyde ₃₀	177 m
Høyde ₄₀	204 m
Høyde ₅₀	232 m
Høyde ₆₀	252 m
Høyde ₇₀	265 m
Høyde ₈₀	281 m
Høyde ₉₀	298 m
Høyde _{MAX}	334 m

Klima- /hydrologiske parametere

Avrenning 1961-90 (Q _N)	22.4 l/s*km ²
Sommernedbør	379 mm
Vinternedbør	574 mm
Årstemperatur	3.4 °C
Sommertemperatur	9.9 °C
Vintertemperatur	-1.3 °C

Nedbørfelt 3



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 239471 E
 7023697 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 121.A221
 Kommune.: Orkland
 Fylke.: Trøndelag
 Vassdrag.: Orkla

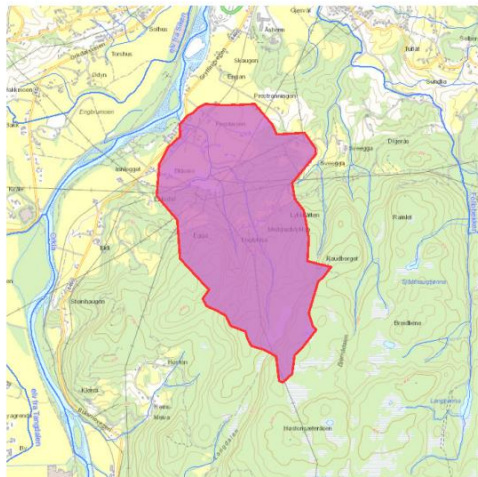
Feltparametere	
Areal (A)	0.8 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	1.6 km
Elvegradient (E _G)	169.6 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	179.5 m/km
Helning	13.0 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.9 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	2.0 km

Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	2.2 %
Myr (A _{MYR})	6.3 %
Leire (A _{LEIRE})	13.5 %
Skog (A _{SKOG})	90.5 %
Sjø (A _{SJØ})	0.1 %
Snaufell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	0 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	1.5 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	20 m
Høyde ₁₀	130 m
Høyde ₂₀	190 m
Høyde ₃₀	218 m
Høyde ₄₀	248 m
Høyde ₅₀	270 m
Høyde ₆₀	286 m
Høyde ₇₀	297 m
Høyde ₈₀	321 m
Høyde ₉₀	347 m
Høyde _{MAX}	387 m

Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	23.1 l/s*km ²
Sommernedbør	378 mm
Vinternedbør	568 mm
Årstemperatur	3.4 °C
Sommertemperatur	9.9 °C
Vintertemperatur	-1.3 °C

Nedbørfelt 5



Kartbakgrunn: Statens Kartverk
 Kartdatum: EUREF89 WGS84
 Prosjeksjon: UTM 33N
 Beregn.punkt: 238982 E
 7024211 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Nedbørfeltparametere

Vassdragsnr.: 121.A221
 Kommune.: Orkland
 Fylke.: Trøndelag
 Vassdrag.: Orkla

Feltparametere	
Areal (A)	2.6 km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0 %
Elvleengde (E _L)	2.4 km
Elvegradient (E _G)	116.5 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	130.3 m/km
Helning	12.1 °
Dreneringstetthet (D _T)	1.4 km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	2.7 km

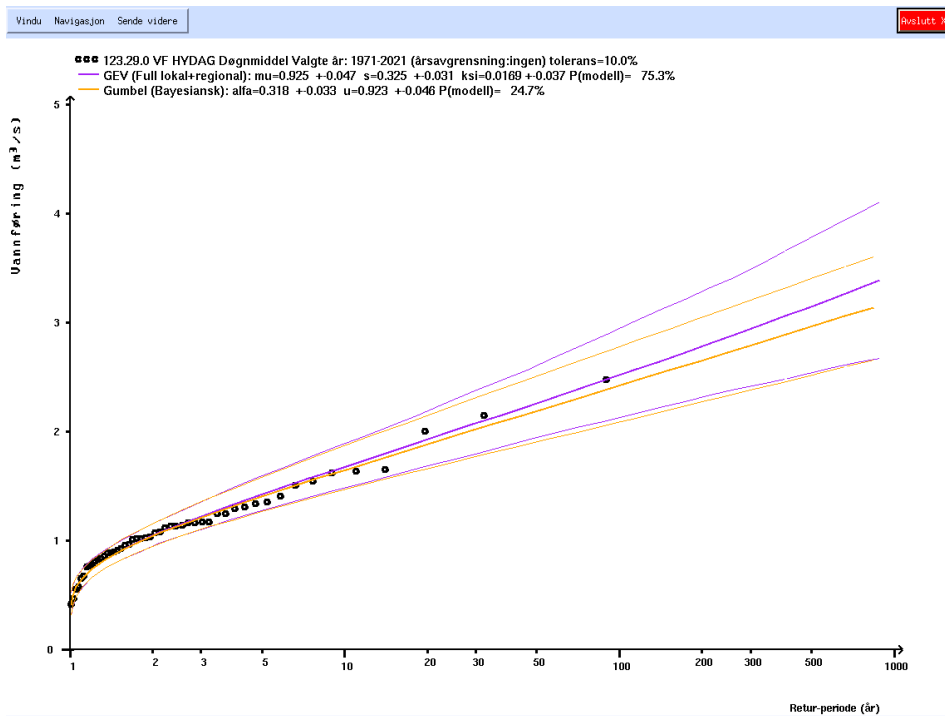
Arealklasse	
Bre (A _{BRE})	0 %
Dyrket mark (A _{JORD})	23.4 %
Myr (A _{MYR})	1.9 %
Leire (A _{LEIRE})	36.6 %
Skog (A _{SKOG})	68.9 %
Sjø (A _{SJØ})	0.1 %
Snaufell (A _{SF})	0 %
Urban (A _U)	1.1 %
Uklassifisert areal (A _{REST})	4.8 %

Hypsografisk kurve	
Høyde _{MIN}	14 m
Høyde ₁₀	16 m
Høyde ₂₀	21 m
Høyde ₃₀	56 m
Høyde ₄₀	97 m
Høyde ₅₀	141 m
Høyde ₆₀	201 m
Høyde ₇₀	240 m
Høyde ₈₀	270 m
Høyde ₉₀	300 m
Høyde _{MAX}	387 m

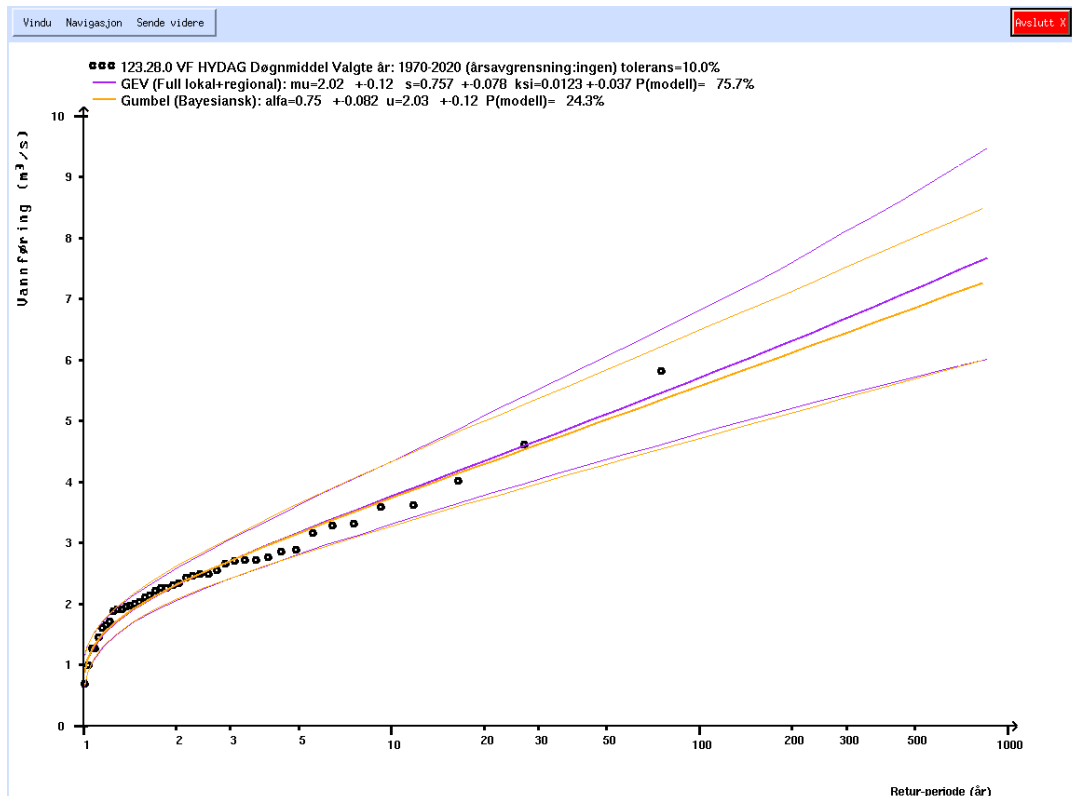
Klima- /hydrologiske parametere	
Avrenning 1961-90 (Q _N)	21.0 l/s*km ²
Sommernedbør	380 mm
Vinternedbør	577 mm
Årstemperatur	3.6 °C
Sommertemperatur	10.3 °C
Vintertemperatur	-1.1 °C

Vedlegg 2 Resultater fra flomfrekvensanalysen

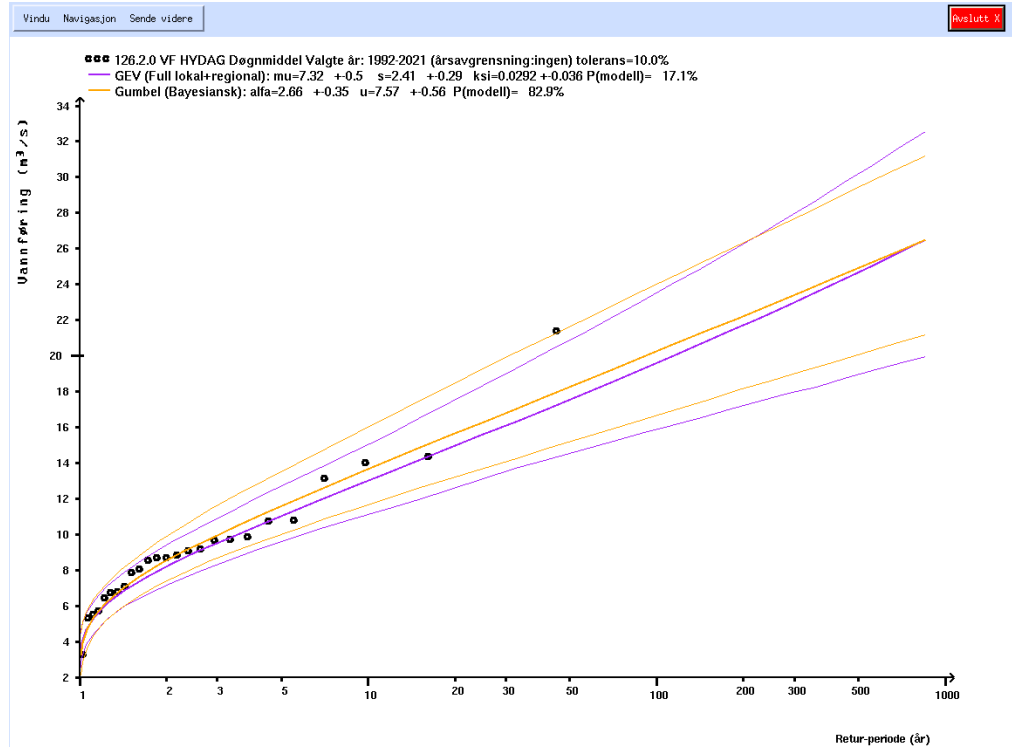
1. Svarttjørnebekken



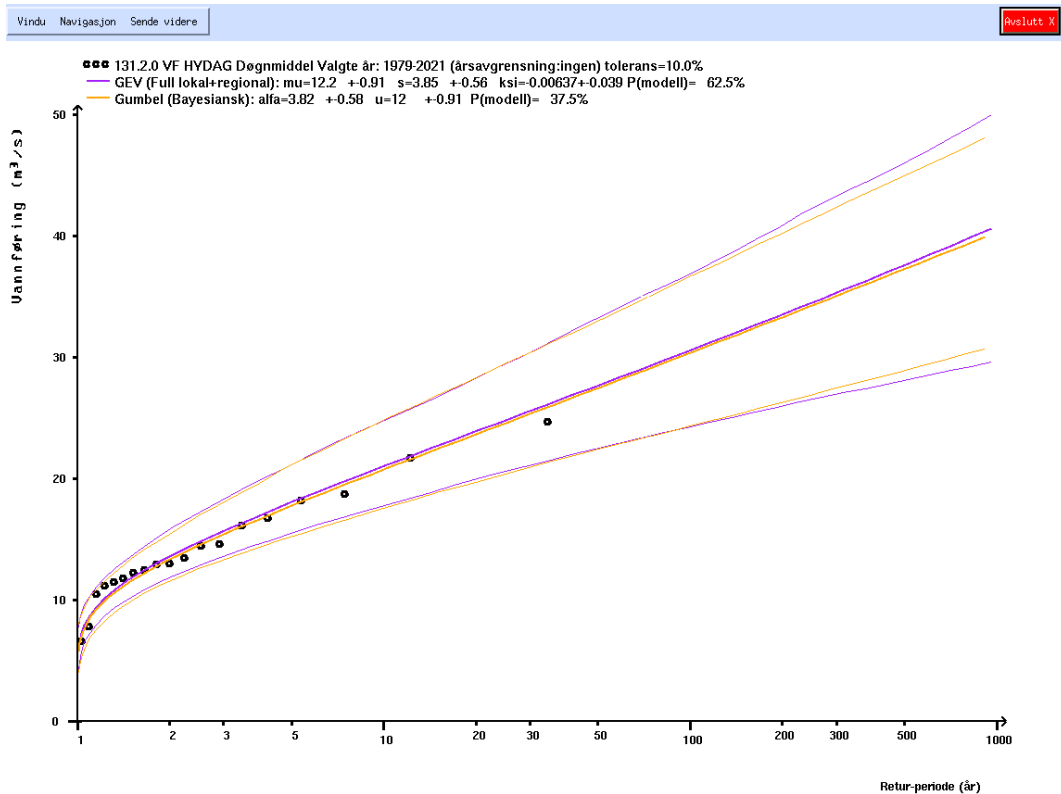
2. Hokfossen



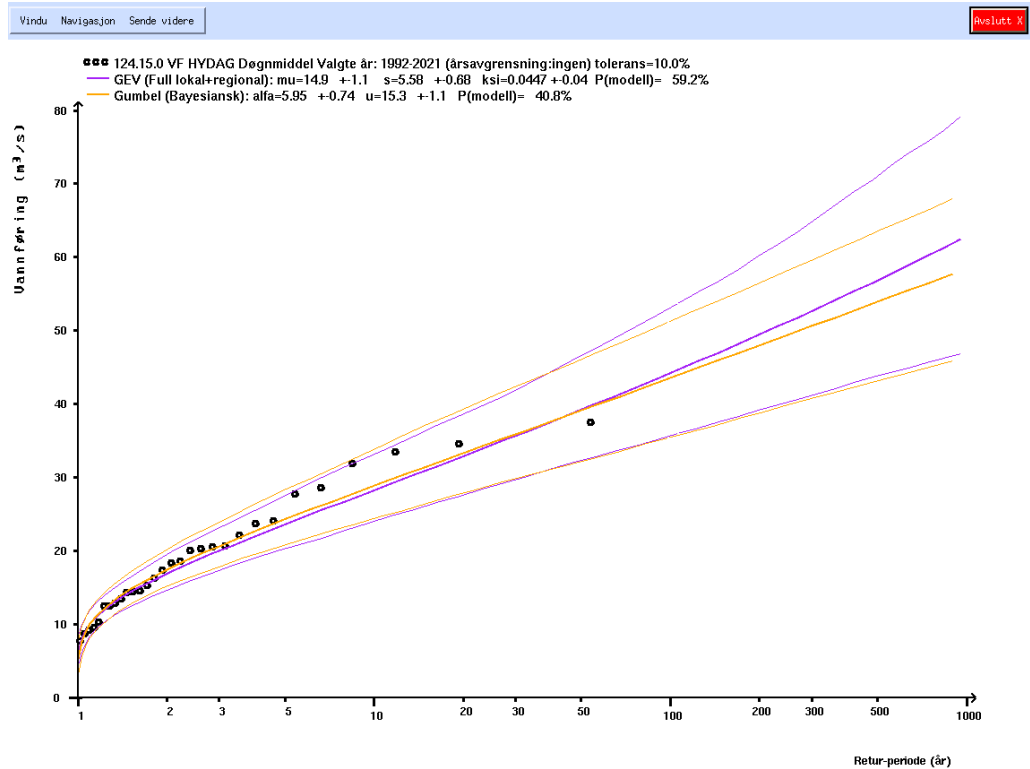
3. Engstad



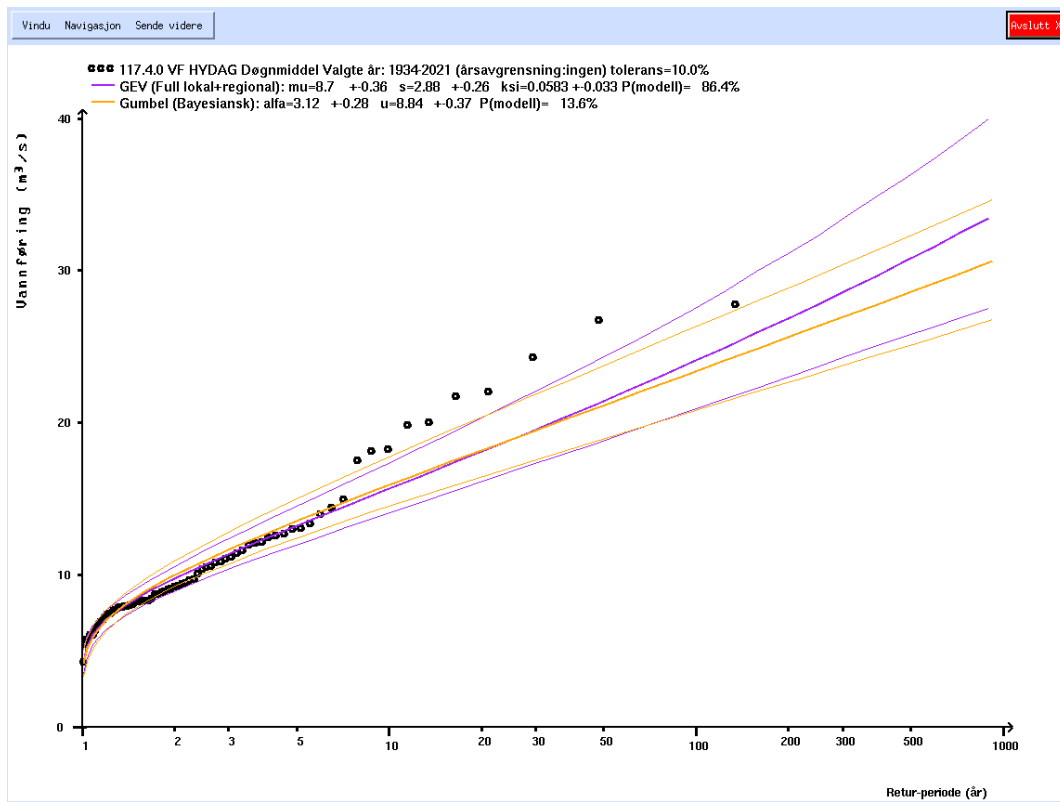
4. Store Grønsjø



5. Børstad

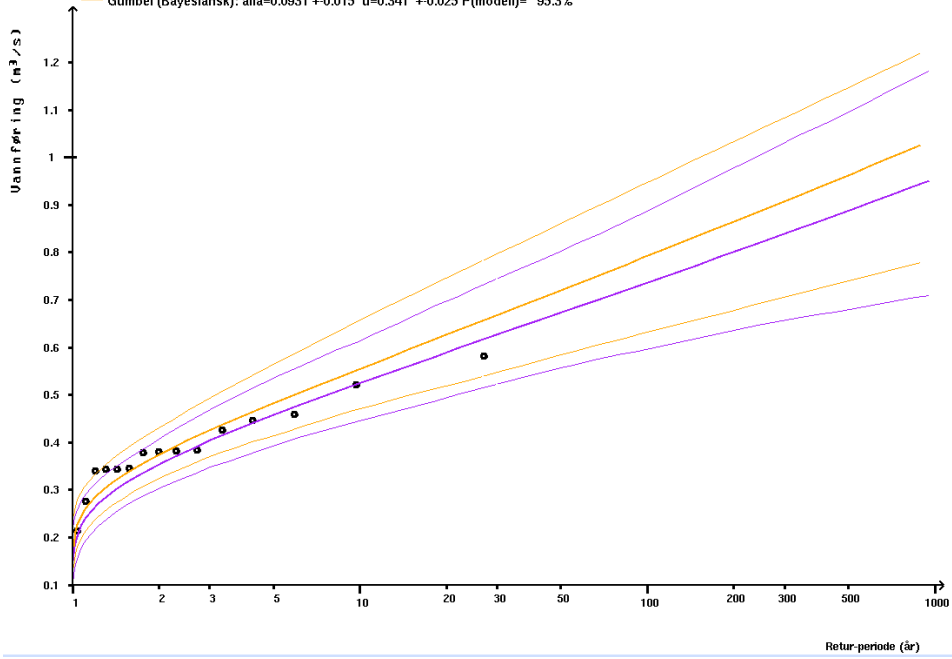


6. Valen (Laksvatnet)



7. Kobberdammen

123.95.0 VF HYDAG Døgnmiddel Valgte år: 2007-2021 (årsavgrensning:ingen) tolerans=10.0%
GEV (Full lokal+regional): $\mu=0.321 + 0.025$ $s=0.092 + 0.013$ $\text{ksi}=0.0296+0.04$ $P(\text{modell})= 4.67\%$
Gumbel (Bayesiansk): $\text{alfa}=0.0931 + 0.015$ $u=0.341 + 0.025$ $P(\text{modell})= 95.3\%$



Vedlegg 3 ekstremnedbør

Påregnelig Ekstremnedbør (felt)

Nedbørfelt: Mobeken, sidefelt til Orkla

1) Normal årsnedbør (basert på verdier fra normalkart): PN ~ 950 mm

2) M5(24t) / PN ~ 5.8 % ==> M5(24t) ~ 55 mm

3) Påregnelige 24 timers nedbørverdier

	Årsverdi	jan, feb, des	mar, apr, mai	jun, jul, aug	sep, okt, nov
M5(Årstid) / M5(År)	1	0.76	0.62	0.77	0.74
M5 (mm)	55	40	35	45	40
M10 (mm)	60	50	40	50	45
M25 (mm)	75	55	45	55	55
M50 (mm)	85	65	55	65	65
M100 (mm)	95	75	60	75	70
M200 (mm)	105	85	70	85	80
M500 (mm)	120	100	85	105	100
M1000 (mm)	135	115	95	115	110
PMP (mm)	250	210	170	210	200

4) Påregnelige n-timers nedbørverdier

4. 1) Årsverdi:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.35	0.44	0.65	0.80	1.00	1.25	1.41	1.59	1.74	1.88	2.01	2.15
M10 (mm)	20	25	40	50	60	80	90	100	110	115	125	135
M25 (mm)	25	30	45	60	75	90	105	115	125	140	145	155
M50 (mm)	30	35	55	65	85	105	115	130	145	155	165	175
M100 (mm)	30	40	60	75	95	115	130	145	160	175	185	200
M200 (mm)	35	45	65	85	105	130	145	165	180	195	210	225
M500 (mm)	40	55	80	95	120	150	170	195	210	230	245	260
M1000 (mm)	45	60	90	110	135	170	195	215	240	260	275	295
PMP (mm)	85	110	160	195	250	310	350	395	430	465	500	530

4. 2) jan, feb, des:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.35	0.44	0.65	0.80	1.00	1.25	1.41	1.59	1.74	1.88	2.01	2.15
M10 (mm)	15	20	30	40	50	60	65	75	85	90	95	100
M25 (mm)	20	25	35	45	55	70	80	90	95	105	110	120
M50 (mm)	25	30	45	55	65	85	95	105	115	125	135	140
M100 (mm)	25	35	50	60	75	95	105	120	130	140	150	160
M200 (mm)	30	35	55	65	85	105	120	135	145	155	170	180
M500 (mm)	35	45	65	80	100	130	145	160	175	190	205	220
M1000 (mm)	40	50	75	90	115	145	160	180	200	215	230	245
PMP (mm)	70	90	135	165	210	260	295	330	360	390	420	445

4. 3) mar, apr, mai:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.345	0.44	0.645	0.795	1	1.25	1.41	1.585	1.735	1.88	2.01	2.145
M10 (mm)	15	15	25	30	40	50	55	60	65	75	80	85
M25 (mm)	15	20	30	35	45	55	65	70	80	85	90	95
M50 (mm)	20	25	35	45	55	65	75	85	95	100	110	115
M100 (mm)	20	25	40	50	60	75	85	95	105	115	120	130
M200 (mm)	25	30	45	55	70	85	95	105	120	125	135	145
M500 (mm)	30	35	55	65	85	105	115	130	145	155	165	180
M1000 (mm)	30	40	60	75	95	115	130	150	160	175	185	200
PMP (mm)	60	75	110	135	170	210	240	265	295	315	340	360

4. 4) jun, jul, aug:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.345	0.44	0.645	0.795	1	1.25	1.41	1.585	1.735	1.88	2.01	2.145
M10 (mm)	15	20	30	40	50	60	70	75	85	90	95	105
M25 (mm)	20	25	35	45	55	70	80	90	100	105	115	120
M50 (mm)	25	30	45	55	65	85	95	105	115	125	135	145
M100 (mm)	25	35	50	60	75	95	105	120	130	140	150	160
M200 (mm)	30	35	55	65	85	105	120	135	145	160	170	180
M500 (mm)	35	45	65	80	105	130	145	165	180	195	210	220
M1000 (mm)	40	50	75	95	115	145	165	185	200	220	235	250
PMP (mm)	75	95	135	170	210	265	295	335	365	395	425	450

4. 5) sep, okt, nov:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.345	0.44	0.645	0.795	1	1.25	1.41	1.585	1.735	1.88	2.01	2.145
M10 (mm)	15	20	30	35	45	60	65	75	80	85	95	100
M25 (mm)	20	25	35	45	55	70	75	85	95	100	110	115
M50 (mm)	20	30	40	50	65	80	90	100	110	120	130	140
M100 (mm)	25	30	45	60	70	90	100	115	125	135	145	155
M200 (mm)	30	35	50	65	80	100	115	130	140	155	165	175
M500 (mm)	35	45	65	80	100	125	140	160	175	185	200	215
M1000 (mm)	40	50	70	90	110	140	160	175	195	210	225	240
PMP (mm)	70	90	130	160	200	255	285	320	350	380	405	435

5) Justering fra punkt til areal-verdi.

De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.

For felt på ca. 2 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere

punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF:

ANTALL TIMER:	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
ARF (2 kv.km.)	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

6) Nærmeste målestasjon: 66180 ORKDAL - ØYUM (PN= 883 mm/år)

7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1895-2022) : 65,0 mm

Målt ved: 66180 ORKDAL - ØYUM 12.02.1985

8) Kommentarer:

Det må presiseres at de gitte verdier for MT og PMP er basert på et relativt sparsomt datagrunnlag. Verdiene må derfor bare betraktes som et grovestimat.

[Data er gyldig per 20.05.2021 \(CC BY 3.0\), Meteorologisk institutt \(MET\)](#)

kdvh@met.no

